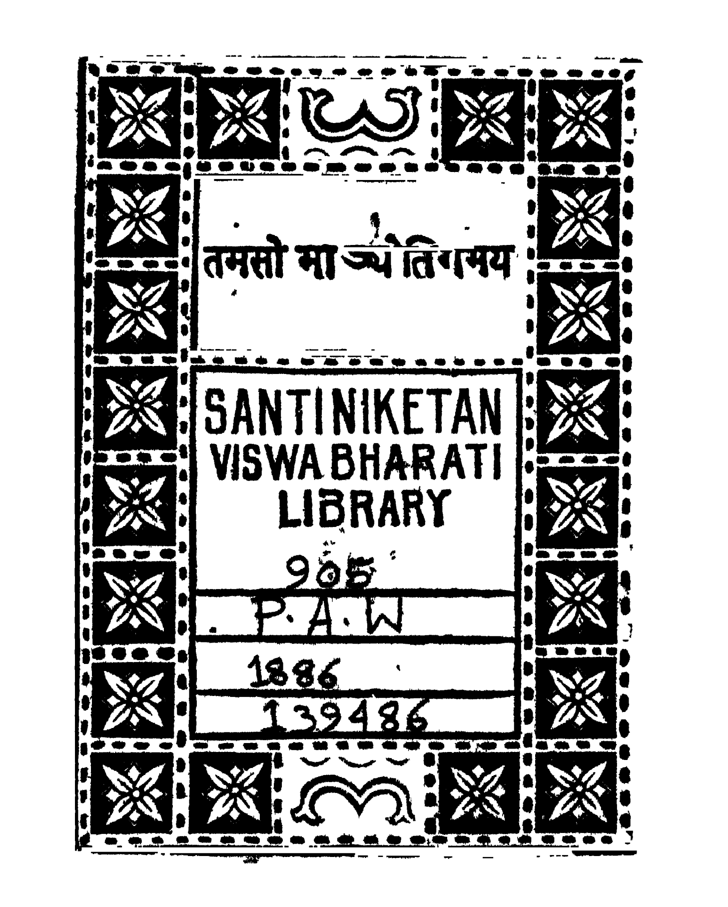

तमसो मा ज्योतिर्गमय
SANTINIKETAN
VISWA BHARATI
LIBRARY
905
P.A.W
1886
139486

1886.
XXXIII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

1. Juli. Öffentliche Sitzung zur Feier des LEIBNIZ'schen Gedächtnisstages.

Vorsitzender Secretar: Hr. AUWERS.

Der vorsitzende Secretar eröffnete die Sitzung, welcher der vorgeordnete Minister Hr. Dr. VON GOSSLER Excellenz beiwohnte, mit einer auf die Bedeutung des bevorstehenden 5. (16.) Juli als zweihundertsten Jahrestages der Herausgabe von NEWTON'S »Principia philosophiae naturalis mathematica« hinweisenden Festrede.

Darauf hielt Hr. VON BEZOLD als neu in die Akademie eingetretenes Mitglied die folgende Antrittsrede:

Indem ich der Pflicht eines in die Akademie neu eintretenden Mitgliedes genüge und an diesem festlichen Tage das Wort ergreife, drängt es mich vor Allem, dem Danke Ausdruck zu geben für die grosse Ehre, welche mir diese hohe Körperschaft durch die von Seiner Majestät dem Kaiser und Könige bestätigte Wahl in ihre Mitte erwiesen hat.

Man muss wissen, welch' wahrhaft bezaubernden Klang die Namen VON HELMHOLTZ, KIRCHHOFF, DU BOIS-REYMOND und SIEMENS seit dem ersten Betreten meiner wissenschaftlichen Laufbahn für mich hatten, man muss wissen, mit welcher Verehrung und Bewunderung ich schon

aus der Ferne zu jenen Männern emporblickte, um zu ermessen, wie hoch es mich beglückt, an ihrer Seite schaffen und wirken zu dürfen.

Freilich wächst mit jenen Gefühlen in noch erhöhtem Maasse die Besorgniss, ob es mir gelingen werde, auch meinerseits den Erwartungen gerecht zu werden, welche sich an diese Auszeichnung knüpfen.

Denn darüber gebe ich mich keiner Täuschung hin, dass es sich bei meiner Wahl in die Akademie nicht sowohl um eine Anerkennung erworbener Verdienste handeln konnte, als vielmehr um einen Ausdruck für das Vertrauen, mit welchem man die Durchführung einer grossen Aufgabe, die Reorganisation des meteorologischen Dienstes auf dem weiten Gebiete der preussischen Monarchie in meine Hände gelegt sieht, sowie um eine Betonung der Bedeutung, welche man eben jener Aufgabe beimisst.

Ich fühle mich deshalb gewissermaassen in der Lage eines Mannes, dem man eine grosse Vorschusszahlung geleistet hat in der Erwartung, dass er sie seiner Zeit durch sein Werk mit Zinsen zurückerstatten werde.

Die Grösse dieser Verpflichtung könnte mir doppelt drückend erscheinen angesichts der Thatsache, dass es sich hierbei um einen Zweig der Wissenschaft handelt, mit dem ich mich erst seit wenigen Jahren eingehender beschäftige und von dem ich niemals dachte, dass seine Pflege einst meine Lebensaufgabe bilden sollte.

War es doch nur der Umstand, dass sich gewisse meteorologische Untersuchungen ohne jegliche instrumentelle Hülfsmittel oder sonstige Unterstützung einfach am Schreibtische ausführen liessen, der mich zuerst veranlasste, derartige Fragen aufzugreifen, während Schule und Neigung mich nach einer ganz anderen Seite, nach der eigentlichen Experimentalphysik hinwiesen und nur äussere Verhältnisse mich hindern konnten, diese Richtung auch wirklich mit aller Kraft und Hingebung zu verfolgen.

Trotzdem bereitet mir die Erkenntniss, dass ich mich in erster Linie stets als Physiker fühlte, und noch fühle, verhältnissmässig geringere Sorge.

Denn wenn auch die Meteorologie im Laufe der letzten Jahrzehnte eine so selbständige Stellung errungen hat, dass man sie nicht mehr als einen blossen Zweig der Physik betrachtet, — eine Anschauung, die durch Errichtung eigener Professuren für dieses Fach den klarsten Ausdruck erhalten hat, — so kann man doch andererseits nicht verkennen, dass der ganze Zug der Forschung dahin geht, das Band zwischen Meteorologie und ihrer Mutterwissenschaft, der Physik, wieder enger zu schlingen.

So lange es sich nur darum handelte, im Grossen und Ganzen ein Bild zu gewinnen von den Bewegungen der Atmosphaere, sowie von der zeitlichen und räumlichen Vertheilung der meteorologischen Erscheinungen im Allgemeinen, war man auf Methoden hingewiesen, welche mit den in der Physik gebräuchlichen nur wenig Verwandtschaft besitzen.

Das Feststellen des Thatsächlichen, das von den Beobachtern in der Form fast unabsehbarer Zahlenreihen geliefert wird, forderte die Anwendung statistischer Behandlungsweise oder kartographischer Darstellung. Nachdem aber durch die unsterblichen Arbeiten Alexander von Humboldt's und Dove's die ersten Grundlagen in diesem Sinne geschaffen und zu einem gewissen Abschlusse gebracht waren, so dass sie gegenwärtig nur mehr weiteren Ausbaues bedürfen, musste die Fragestellung nothwendigerweise eine andere werden. Das Forschen nach dem eigentlich ursächlichen Zusammenhange musste in den Vordergrund treten, und so darf man die moderne Meteorologie, wie sie heute im Aufbau begriffen ist, mit Recht als die Physik des Luftmeeres bezeichnen.

Die Lehre von den Bewegungen der Atmosphaere im engen Anschluss an die Grundlagen der allgemeinen Mechanik und Thermodynamik, die Untersuchungen über den grossen atmosphaerischen Kreisprocess, wie man ihn vom Standpunkte der mechanischen Wärmetheorie aus zu betrachten hat, die Fragen nach dem Wärmeaustausch zwischen Sonne, Erde und Weltraum unter Vermittelung der Atmosphaere, sowie innerhalb der letzteren, wie sie heute auf der Tagesordnung stehen, sind nichts anderes als physikalische Probleme.

Es sind Probleme, an deren Bearbeitung gerade wir Deutsche mit aller Kraft herantreten müssen, wenn uns nicht andere Nationen weit überflügeln sollen, und wenn wir auf diesem Gebiete den Vorsprung wieder gewinnen wollen, den uns in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts Niemand streitig machen konnte.

Dass es sich bei vielen dieser Untersuchungen nicht nur darum handelt, bekannte Sätze der Physik auf bestimmte neue Aufgaben anzuwenden, sondern dass sie umgekehrt auch auf gar manche Fragen führen, die ihre Beantwortung am Experimentirtisch und im Laboratorium finden müssen, diess mag nur nebenher bemerkt werden.

Dagegen darf nicht unbetont bleiben, dass noch nach einer anderen Seite hin die Beziehungen zwischen meteorologischer und physikalischer Forschung sich immer inniger gestalten.

Man hat erkannt, dass zwischen den geheimnissvollen Erscheinungen des Erdmagnetismus und den Vorgängen in der Sonnenatmosphaere ein enger Zusammenhang besteht.

Die verschiedensten Thatsachen weisen darauf hin, dass die nämlichen Vorgänge auch auf unsere Atmosphaere ihren Einfluss äussern, und dass Einwirkungen des Centralkörpers auf unser Luftmeer stattfinden von einer Unmittelbarkeit und Eigenartigkeit, von der man sich früher kaum träumen liess. Nur dem engsten Hand in Hand Gehen von meteorologischer und magnetischer Forschung im Anschlusse an die Astrophysik dürfte es gelingen, den Schlüssel zu finden zu dem grossen Räthsel, zu dem Räthsel, dessen Lösung wohl die schönste Aufgabe ist, welche auf diesen Gebieten für die nächste Zukunft überhaupt gestellt ist.

Bei dieser Sachlage wird man es begreiflich finden, wenn ich äusserte, dass mich der Umstand, dass meine früheren Studien und Bestrebungen wesentlich der Physik gegolten haben, verhältnissmässig weniger mit Besorgniss erfüllt. Weit mehr beunruhigt mich die Befürchtung, dass die vielfachen geschäftlichen Arbeiten, wie sie die Leitung und vor Allem die Reorganisation eines grossen Instituts und ausgedehnten Beobachtungsnetzes im Gefolge haben, besonders in den ersten Jahren nur wenig Zeit übrig lassen werden, um ernster Forschung zu leben, der Forschung, wie sie doch der Akademiker als erste und schönste Pflicht zu betrachten hat.

Freilich mag es Manchem befremdlich erscheinen, dass es so viel Mühe und Arbeit kosten soll, ein Institut zu reorganisiren, das auf Anregung eines Alexander von Humboldt in seinen ersten Grundlagen von dem viel zu frühe dahingegangenen Mahlmann geschaffen, unter der genialen Führung eines Dove die herrlichsten Früchte gezeitigt hat.

Und doch liegt die Antwort nahe: erkannte Wahrheiten behalten ihren Werth für alle Zeiten, menschliche Einrichtungen, mögen sie auch einstmals noch so vorzüglich gewesen sein, veralten und verfallen, wenn sie sich nicht durch Anpassen an neue Verhältnisse fortwährend verjüngen.

Ebenso wie man anders verfahren muss bei dem ersten Entwurfe der Karte einer früher niemals betretenen Gegend als bei der topographischen Aufnahme eines hoch cultivirten Landes, so waren auch die Aufgaben bei der Errichtung der ersten Netze meteorologischer Stationen ganz andere als heut zu Tage.

Einrichtungen, trefflich geeignet, um das Bild der räumlichen und zeitlichen Vertheilung der meteorologischen Elemente in grossen Zügen festzustellen, vollkommen hinreichend, um brauchbare Mittelwerthe zu erhalten, genügen nicht mehr seitdem es sich darum handelt, die Erscheinungen des Augenblicks in's Einzelne zu verfolgen.

Während früher ein paar Dutzend Stationen für ein Gebiet wie das preussische hinreichend Material liefern konnten, um die zunächst vorliegenden Fragen einer glücklichen Lösung entgegenzuführen, müssen sie heute nach Hunderten, für ganz bestimmte Arten von Beobachtungen sogar nach Tausenden zählen, und sind z. B. dementsprechend in dem neuen Organisationsplane nicht weniger als 2000 Regenmessstationen in Aussicht genommen.

Dass mit diesen Zahlen die Reibungswiderstände wachsen, dass mit den gesteigerten Bedürfnissen an Geld und Personal die rein geschäftliche Seite mehr und mehr in den Vordergrund tritt und die wissenschaftliche manchesmal fast zu überwuchern droht, wer wollte diess verkennen?

Gerade deshalb aber bin ich der Akademie für die Aufnahme in ihre Mitte doppelt dankbar, da ich in dem innigen Anschluss an sie und in der steten Betheiligung an ihren Arbeiten den wirksamsten Schutz erblicke gegen diese Gefahr und da mir das empfangene Zeichen des Vertrauens den Muth verleiht, unentwegt weiter zu schreiten auf der Bahn, wie sie die Entwickelung der Wissenschaft vorschreibt, in pietätsvoller Erinnerung an den grossen Forscher, dessen Erbe ich überkommen habe, um es zu pflegen und weiter zu bilden und frisch und kräftig zu gestalten und zu erhalten für künftige Zeiten.

Diese Rede erwiderte der vorsitzende Secretar mit folgenden Worten:

Eine ganz äusserliche Thatsache, welche mit Ihrem Eintritt in unsern Kreis, verehrter Herr College, zusammenhängt, kennzeichnet in praegnanter Weise die völlig veränderte Stellung, zu welcher die Meteorologie innerhalb des von uns hier Anwesenden wissenschaftlich durchlebten Zeitraums, wie Sie es soeben hervorgehoben haben, gelangt ist. Bis gestern bildete das Königliche Meteorologische Institut, zu dessen Leitung Sie hierher berufen wurden, eine Abtheilung des Preussischen Statistischen Bureaus; heute ist es in das Ressort der Unterrichtsverwaltung übertragen, und damit dem Anerkenntniss Ausdruck gegeben, dass die Meteorologie nicht mehr ein vorzugsweise unter dem Gesichtspunkt des öffentlichen Nutzens zu behandelnder Dienstzweig der praktischen Verwaltung, sondern eine als Wissenschaft zu selbständiger Pflege berechtigte Disciplin ist.

Die Feststellung einer gewissen Summe von Thatsachen musste den Untergrund dieser Wissenschaft bilden, und ihre Sammlung und

Ordnung hat der Aufgaben genug dargeboten, denen ein innerliches wissenschaftliches Interesse höhern Ranges innewohnt. Ist doch die befriedigende Erfüllung des ersten Erfordernisses der klimatischen Landesaufnahme, die scheinbar so einfache richtige Bestimmung des augenblicklichen Zustandes der Atmosphaere über einem gegebenen Punkt der Erdoberfläche, erst in unseren Tagen Hrn. Wild's experimentellem Geschick gelungen, und haben wir doch ganz kürzlich die hoffnungslos verwickelt aussehende Aufgabe der Ableitung des mittlern Zustandes für ein Gebiet von wechselreichster Bodengestaltung aus unvollständigen Netzbeobachtungen durch Hrn. Hann für die Temperaturverhältnisse der österreichischen Alpenländer mit überraschender Leichtigkeit und Sicherheit vermittelst sinnreicher Anwendung von Reductionsmethoden gelöst gesehen, deren Übertragung von der Astronomie auf die Meteorologie selbst als ein ungleich grösserer — weil der mannigfachsten Vervielfältigung sicherer — Gewinn zu erachten ist, als die schönen durch die genannte Anwendung unmittelbar erhaltenen Resultate.

Aber reizvoller für den Forscher und jetzt zunächst werthvoller für die Wissenschaft ist die nunmehr im Vordergrunde stehende Aufgabe, die in der Meteorologie erkannten Thatsachen auf die Lehren der allgemeinen Mechanik und Thermodynamik zurückzuführen, der Ausbau der physikalischen Meteorologie, den wir nach einem vielverheissenden Anfange durch Dove's ältere meteorologische Untersuchungen ein Menschenalter hindurch fast ganz den ausländischen Fachgenossen überlassen haben. Bei dieser Sachlage können wir es nur freudig begrüssen, dass Sie, verehrter Herr College, von der Physik her zur Meteorologie gelangt sind und Selbst nunmehr Ihren Beruf vorzugsweise in der Förderung dieser in engerm Sinne physikalischen Aufgaben Ihres Faches erblicken.

Aber nicht einmal hierbei können Sie des neuen Experiments entrathen. Das Mittel zu demselben sollen Ihnen vollendete und vollständige Einrichtungen des Observatoriums und Laboratoriums für tellurische Physik darbieten, welches demnächst als würdiges Seitenstück neben der Astrophysikalischen Anstalt erstehen soll, wenn es der feinsten Ausführung, soll Ihnen das verbesserte und vervollständigte Landesnetz — allein oder als nothwendiges Theilstück eines noch breitern Untergrundes — bieten, wenn es der ausgedehntesten Basis bedarf. Und wie in keiner Naturwissenschaft die Feststellung des Thatsächlichen und ihre Nothwendigkeit jemals ein Ende finden wird, so hat Ihr Fach mit dem meinigen insbesondere die Nothwendigkeit der ununterbrochenen und langen Fortsetzung der Beobachtung gemein, um zur Lösung der Aufgaben zu gelangen, die

wir jenseits derjenigen des Augenblicks schon zu erkennen vermögen, und zur Ermittelung der Ziele, auf die sich fernere Forschung wird richten müssen — so muss der Meteorologe mit dem Astronomen vielfach sich bescheiden selbst nur auszusäen und einer, vielleicht sehr fernen, Zukunft die Ernte zu überlassen. Es ist begreiflich, wenn Sie die beträchtliche Erweiterung dieses Theiles Ihrer Thätigkeit, die Ihr Eintritt in den vielmals ausgedehntern Wirkungskreis von Ihnen verlangt, anfänglich als einen Ihr wissenschaftliches Leben belastenden Druck empfinden. Wollen Sie aber aus unserer Aufforderung, in unsern engern Kreis einzutreten, unsere sichere, auf Ihre Bewährung in der zuvor von Ihnen bekleideten Stellung gegründete Überzeugung entnehmen, dass nicht nur der Druck einer umfangreichen Verwaltungsaufgabe Ihre freudige und erspriessliche gelehrte Forschung nicht hemmen, sondern dass die grosse Ausdehnung der von Ihnen zu verwaltenden Organisation in Ihrer Hand umgekehrt ein wirksames Hülfsmittel sein wird Ihre eigene und vielfache sonstige Forschung Ihres Faches auf's nachdrücklichste zu fördern.

Hierauf erfolgte die Berichterstattung über die Bewerbung um den Preis der STEINER'schen Stiftung und die Ausschreibung neuer Preise.

Preisertheilung aus der STEINER'schen Stiftung.

Die Akademie hatte vor vier Jahren aus der STEINER'schen Stiftung einen Preis für die Bearbeitung der folgenden Aufgabe ausgesetzt:

»Die bis jetzt zur Begründung einer rein geometrischen Theorie der Curven und Flächen höherer Ordnung gemachten Versuche sind hauptsächlich deswegen wenig befriedigend, weil man sich dabei — ausdrücklich oder stillschweigend — auf Sätze gestützt hat, welche der analytischen Geometrie entlehnt sind und grösstentheils allgemeine Gültigkeit nur bei Annahme imaginärer Elemente geometrischer Gebilde besitzen. Diesem Übelstande abzuhelfen, gibt es, wie es scheint, nur ein Mittel: es muss der Begriff der einem geometrischen Gebilde angehörigen Elemente dergestalt erweitert werden, dass an die Stelle der im Sinne der analytischen Geometrie einem Gebilde associirten imaginären Punkte, Geraden, Ebenen wirklich existirende Elemente treten, und dass dann die gedachten Sätze, insbesondere die auf die Anzahl der

gemeinschaftlichen Elemente mehrerer Gebilde sich beziehenden, unbedingte Geltung gewinnen und geometrisch bewiesen werden können.

Für die Curven und Flächen zweiter Ordnung hat diess von Staudt in seinen »Beiträgen zur Geometrie der Lage« mit vollständigem Erfolge ausgeführt. Die Akademie wünscht, dass in ähnlicher Weise auch das im Vorstehenden ausgesprochene allgemeine Problem in Angriff genommen werde, und fordert die Geometer auf, Arbeiten, welche dieses Problem zum Gegenstande haben und zur Erledigung desselben Beiträge von wesentlicher Bedeutung bringen, zur Bewerbung um den im Jahre 1884 zu ertheilenden Steiner'schen Preis einzureichen. Selbstverständlich muss in diesen Arbeiten die Untersuchung rein geometrisch durchgeführt werden; es ist jedoch nicht nur zulässig, sondern wird auch ausdrücklich gewünscht, dass die erhaltenen Resultate auf analytisch-geometrischem Wege erläutert und bestätigt werden.«

In der Leibniz-Sitzung vom Jahre 1884 ist berichtet worden, dass diese Aufgabe einen Bearbeiter gefunden habe, dessen Schrift den gestellten Anforderungen zwar nicht genügend entspreche, die Akademie aber doch bestimme, die in Rede stehende Aufgabe nicht fallen zu lassen, sondern als Steiner'sche Preisfrage für das Jahr 1886 zu erneuern, mit der Maassgabe jedoch, dass es den Bewerbern zur Pflicht gemacht werde, den rein geometrischen Untersuchungen analytisch-geometrische Erläuterungen beizugeben.

Hierauf ist nun eine ziemlich umfangreiche Bewerbungsschrift rechtzeitig eingegangen, die den Goethe'schen Ausspruch: »Das Besondere unterliegt ewig dem Allgemeinen, das Allgemeine hat ewig dem Besondern sich zu fügen« als Motto trägt.

Der Verfasser dieser Schrift hat sich, einem in dem eben erwähnten Berichte gegebenen Winke folgend, darauf beschränkt, eine den Anforderungen der Akademie entsprechende, rein geometrische Theorie der ebenen algebraischen Curven zu begründen, und dieses ist ihm, wie vorweg ausgesprochen werden möge, in sehr befriedigender Weise gelungen. Die Grundlage seiner Arbeit bilden die in der Preisfrage erwähnten Untersuchungen von Staudt's, welche er im ersten Capitel ihrem wesentlichen Inhalte nach, doch nicht ohne Eigenes hinzuzufügen, reproducirt, dann aber in dem zweiten und dritten Capitel selbständig weiter führt. Es ist nicht möglich, in der an diesem Orte gebotenen Kürze den Inhalt dieser umfangreichen Capitel auch nur in Umrissen anzugeben. Es möge nur bemerkt werden, dass der Verfasser in richtiger Erkenntniss des zu erreichenden Zieles dahin gestrebt hat, für das arithmetische Gebilde, das durch eine algebraische Gleichung zwischen zwei veränderlichen (reellen oder complexen) Grössen

definirt wird, ein geometrisches Aequivalent zu construiren. Diess gelingt ihm durch Einführung eigenthümlicher geometrischer Gebilde, die er, bekannte Begriffe erweiternd, Involutionen und Involutionsnetze nennt.

Jede (reelle oder complexe) Zahlgrösse kann nach der STAUDT'schen Theorie geometrisch durch ein Element eines einförmigen Gebildes (einer Geraden oder eines ebenen Strahlbüschels) repräsentirt werden. Eine algebraische Gleichung $n$ten Grades, deren Coefficienten ganze, nicht homogene lineare Functionen von ν unbeschränkt veränderlichen Grössen sind, liefert für jedes System bestimmter Werthe der letzteren ein System von n Werthen der Unbekannten, das also durch ein bestimmtes System von n Elementen eines beliebig angenommenen einförmigen Gebildes repräsentirt werden kann: die Gesammtheit der so definirten Systeme von je n Elementen des betrachteten einförmigen Gebildes bildet dann eine Involution $n$ter Ordnung, wenn $\nu = 1$ ist, oder ein Involutionsnetz $n$ter Ordnung, wenn $\nu > 1$. Daraus erhellt sofort, dass und wie zwei Involutionen oder zwei Involutionsnetze derselben Stufe projectivisch auf einander bezogen werden können; ferner, dass zwei projectivisch auf einander bezogene Involutionen eine bestimmte Anzahl gemeinschaftlicher Elemente besitzen, und zwei projectivisch auf einander bezogene Involutionsnetze ein bestimmtes Involutionsnetz niedrigerer Stufe mit einander gemein haben. Diese Definitionen und Sätze, welche sich in der analytischen Geometrie so einfach und sofort in voller Allgemeinheit ergeben, werden von dem Verfasser rein geometrisch zuerst für $n = 2$, sodann für $n = 3$ u. s. w. entwickelt, in der Art, dass, wenn z. B. die Involution $n$ter Ordnung für einen bestimmten Werth von n definirt und untersucht werden soll, diess zuvor für jeden kleinern Werth von n ausgeführt sein muss. Darin besteht aber die der reinen Geometrie eigenthümliche synthetische Methode.

Gestützt auf die in den ersten drei Capiteln gewonnenen Resultate entwirft sodann der Verfasser in dem vierten Capitel die Grundzüge einer allgemeinen Theorie der ebenen algebraischen Curven unter voller Berücksichtigung der imaginären Elemente derselben. Auch hierbei ist das Verfahren ein synthetisches. Unter der Voraussetzung, dass die Theorie derjenigen Curven, deren Ordnung eine bestimmte Grenze n nicht überschreitet, entwickelt sei — für $n = 1$ und $n = 2$ hat diess VON STAUDT ausgeführt — wird gezeigt, wie man aus Curven einer bestimmten Ordnung Büschel und Netze bilden und eine projectivische Beziehung zwischen zwei solchen Gebilden herstellen kann, wodurch dann der Weg gebahnt ist, um zur Definition der Curven, deren Ordnung die Zahl $2n$ nicht übersteigt, und zum Nach-

weise der charakteristischen Eigenschaften derselben zu gelangen. Dabei wird den Sätzen, welche sich auf die gemeinschaftlichen Elemente zweier Curven beziehen, sowie der Aufgabe, eine Curve $n$ter Ordnung zu construiren, wenn die zu ihrer Bestimmung erforderliche Anzahl von (reellen oder imaginären) Punkten gegeben ist, eine besonders sorgfältige Behandlung zu Theil.

Die Schlusscapitel der Schrift enthalten literarische Nachweise und die von der Akademie verlangten algebraischen Erläuterungen der vorangegangenen geometrischen Untersuchungen.

Die Akademie hat in ihrem Preisausschreiben erklärt, dass sie zur Concurrenz um den in diesem Jahre zu ertheilenden Steiner'schen Preis jede Arbeit zulassen werde, welche zur Erledigung derjenigen Fragen, auf welche die Akademie durch die gestellte Aufgabe die Aufmerksamkeit der Geometer hat hinlenken wollen, einen Beitrag von wesentlicher Bedeutung liefere. Dieser Anforderung entspricht die beurtheilte Schrift, welche unverkennbar das nach einem wohldurchdachten Plane ausgeführte Werk eines auf dem Gebiete der reinen wie der analytischen Geometrie vollkommen heimischen Mathematikers ist, in ausgezeichneter Weise: die Akademie trägt daher kein Bedenken, derselben den ausgesetzten Preis zuzuerkennen. —

Die Eröffnung des zu der Arbeit gehörigen versiegelten Zettels ergab als Verfasser

Hrn. Dr. phil. Ernst Kötter aus Berlin.

Preisaufgabe der Steiner'schen Stiftung für 1888.

In der Absicht, das Studium der Schriften Steiner's zu erleichtern und zum Fortschreiten auf den von ihm eröffneten Bahnen anzuregen, hat die Akademie die Herausgabe der gesammelten Werke desselben veranlasst, welche in den Jahren 1881 und 1882 in zwei Bänden erschienen sind. Es bleibt jetzt noch, wie aus der Schlussbemerkung zum zweiten Bande hervorgeht, die Aufgabe, die Resultate der einzelnen Schriften einer Sichtung und Prüfung zu unterwerfen.

Die Akademie wünscht, dass dieses zunächst für diejenigen Untersuchungen Steiner's geschehe, welche sich auf die allgemeine Theorie der algebraischen Curven und Flächen beziehen.

Es wird verlangt, dass die hauptsächlichsten Resultate derselben auf analytischem Wege verificirt und alsdann durch synthetische Methoden im Sinne Steiner's hergeleitet werden.

Die ausschliessende Frist für die Einlieferung der Bewerbungsschriften, welche in deutscher, lateinischer oder französischer Sprache verfasst sein können, ist der 1. März 1888. Die Bewerbungsschrift ist mit einem Motto zu versehen und dieses auf dem Äussern des versiegelten Zettels, welcher den Namen des Verfassers enthält, zu wiederholen.

Die Ertheilung des Preises von 1800 Mark erfolgt in der öffentlichen Sitzung am Leibniz-Tage des Jahres 1888.

Akademische Preisaufgabe für 1891.

Die Frage nach der Vererbbarkeit erworbener Eigenschaften der Lebewesen, mögen diese Eigenschaften von äusseren oder inneren Ursachen herrühren, ist für die Abstammungslehre eine der wichtigsten. Obwohl schon von Hippokrates erwogen, ist sie noch so unentschieden, dass Einige mit Darwin solche Vererbbarkeit in gewissen Fällen für unzweifelhaft erwiesen ansehen, Andere sie bis auf Weiteres überhaupt läugnen. In neuerer Zeit ist sie zum Gegenstand bestimmt darauf gerichteter Versuche gemacht worden, welche im Allgemeinen für die Vererbbarkeit sprechen, in ihrer Vereinzelung und zum Theil wenig nachhaltigen Durchführung jedoch noch keine volle Überzeugung zu erwecken vermochten.

Durchdrungen von der Bedeutung dieser Angelegenheit wünscht die Akademie, dass einem für die Wissenschaft so unerfreulichen Zustande wo möglich ein Ende gemacht werde. Sie verlangt daher eine folgerichtige, nach Verfahrungsarten und Versuchsgegenständen hinlänglich vermannigfachte, nach Lage der Dinge erschöpfende Experimentaluntersuchung über die Vererbbarkeit erworbener Eigenschaften bei Thieren und Pflanzen. Der Beschreibung der neuen Versuche und ihrer Ergebnisse ist eine möglichst vollständige und quellenmässige, geschichtlich-kritische Darlegung des Standes der Frage voraufzuschicken.

Die Bewerbungsschriften sind bis zum 31. December 1890 einzuliefern. Dieselben können in deutscher, lateinischer, französischer, englischer oder italiänischer Sprache abgefasst sein. Jede Schrift ist mit einem Motto zu versehen und dieses auf dem Äussern des versiegelten Zettels, welcher den Namen des Verfassers enthält, zu wiederholen.

4. Die Verkündigung des Urtheils und eventuelle Ertheilung des Preises von 5000 Mark erfolgt in der öffentlichen Sitzung am Leibniz-Tage des Jahres 1891.

Hr. von Sybel trug eine Gedächtnissrede auf Leopold von Ranke, und Hr. Wattenbach eine Gedächtnissrede auf Georg Waitz vor. Beide Reden werden in den Abhandlungen veröffentlicht werden.

Ausgegeben am 8. Juli.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1886.

XXXIV.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

8. Juli. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Auwers.

1. Hr. Schwendener las die umstehend folgende Abhandlung: Untersuchungen über das Saftsteigen.

2. Hr. Rammelsberg machte die gleichfalls folgende Mittheilung über einen neuen Fall von Isomorphie zwischen Uran und Thorium.

3. Hr. du Bois-Reymond legte eine Mittheilung von Hrn. Prof. W. Krause in Göttingen vor über die Folgen der Resection der elektrischen Nerven des Zitterrochen.

4. Hr. Schulze legte eine Mittheilung des Hrn. Dr. R. Schneider hierselbst vor: Amphibisches Leben in den Rhizomorphen bei Burgk, und ferner

5. eine dritte Mittheilung des Hrn. Prof. C. Chun in Königsberg über Bau und Entwickelung der Siphonophoren.

Die drei letzten Mittheilungen erscheinen später in diesen Berichten.

6. Die Classe beschloss, die mit dem Steiner'schen Preise gekrönte Preisschrift des Hrn. Dr. Ernst Kötter (s. Bericht über die Leibniz-Sitzung) in die Abhandlungen des Jahres 1886 aufzunehmen.

Untersuchungen über das Saftsteigen.

Von S. Schwendener.

Durch die neueren Arbeiten über die Wasserbewegung in der Pflanze haben unsere Vorstellungen in Bezug auf den Saftreichthum des frischen Holzes und auf die Wege, welche der aufsteigende Strom einschlägt, manche wichtige Berichtigung, theilweise sogar eine vollständige Umgestaltung erfahren. Man ist in weiten Kreisen zu der Einsicht gelangt, dass die sogenannte Imbibitionstheorie sich gegenwärtig nicht mehr halten lässt, weil sie mit offenkundigen Thatsachen im Widerspruch steht. Es bricht sich daher mehr und mehr die Ansicht Bahn, dass es thatsächlich die Hohlräume der Tracheiden und Gefässe, nicht die Wandungen sind, welche bei der Wasserbewegung die eigentliche Strömungsbahn darstellen.

Die Vertreter dieser neueren Auffassung haben es auch nicht an Versuchen fehlen lassen, welche darauf abzielen, das Zustandekommen der Bewegung in den genannten Hohlräumen nach physikalischen Principien zu erklären. Wir besitzen bereits eine ziemliche Anzahl hierauf bezüglicher »Theorien«, die freilich meist nur als subjective Vorstellungen ihrer Urheber gelten können und zum Theil sogar gegen anerkannte physikalische Gesetze verstossen. Aber immerhin beweisen diese Versuche, dass die Frage augenblicklich im Fluss ist und dass das Bedürfniss, der endlichen Lösung wenigstens näher zu kommen, allgemein empfunden wird.

Das Beste, was bisher in dieser Richtung geschehen, liegt meines Erachtens in den Beobachtungen und Experimenten, welche mit verständiger Fragestellung ausgeführt wurden, nicht in den Zuthaten der Phantasie. Unser Wissen über die Vorgänge, welche im Holzkörper der Bäume sich abspielen, ist noch immer so lückenhaft, dass jede wirkliche Bereicherung nach dieser Seite hin werthvoll erscheint. Erst wenn die experimentelle Forschung die nöthigen Grundlagen geschaffen, kann der Aufbau einer wissenschaftlichen Theorie des Saftsteigens um einen Schritt weiter geführt werden.

Demgemäss habe ich mir auch für die folgenden Mittheilungen bloss die bescheidene Aufgabe gestellt, durch eine Reihe von Ver-

suchen, welche theils im Laboratorium, theils im Walde ausgeführt wurden, verschiedene Vorfragen zu beantworten, von deren Erledigung mir jedes weitergehende Eindringen in die Sache abhängig schien. Daran schliesst sich eine kritische Beleuchtung der vorhin erwähnten neueren Theorien, speciell in Bezug auf die möglichen Leistungen der Capillar- und Imbibitionskräfte, sowie der Druckdifferenzen in der Holzluft.

Die Untersuchungen im Freien wurden — da Berlin hierzu keine günstige Gelegenheit bot — von Hrn. Dr. Krabbe im Revier der Forstakademie zu Eberswalde ausgeführt, wo mir die erforderlichen Versuchsbäume Seitens der Verwaltung in liberalster Weise zur Verfügung gestellt waren.[1]

I. Inhalt der Gefässe und Tracheiden des Holzkörpers.

Nach den übereinstimmenden Angaben der neueren Autoren, die sich mit den Saftwegen der Pflanze beschäftigt haben, schien es mir eine wohl constatirte Thatsache zu sein, dass Gefässe und Tracheiden, deren Lumen im lebensfrischen Zustande bekanntlich stellenweise mit Wasser erfüllt ist, im übrigen Theil ihrer Höhlung ein Gasgemenge von variabler Spannung enthalten. Man wusste durch die Untersuchungen von Höhnel's, dass diese Spannung zuweilen einen sehr niedrigen Grad erreicht und durfte demgemäss erwarten, dass sie bei sehr rascher Verdunstung vorübergehend sogar auf Null sinken werde. Einigermaassen wahrscheinlich war indessen die Bildung vollständig luftleerer Räume doch nur an Orten, welche von den transpirirenden Flächen nicht zu weit entfernt liegen. Niemand dachte wohl ernstlich daran, einen solchen Zustand absoluten Luftmangels für die dickeren Äste unserer Bäume oder gar für vieljährige Stämme als dauernd, geschweige denn als normal zu betrachten. Vielmehr waren es nach der herrschenden und wie mir scheint vollberechtigten Ansicht gerade die in Gefässen und Tracheiden enthaltenen Luftblasen, welche in Folge vorkommender Spannungsdifferenzen gewisse Bewegungen des wässerigen Inhaltes hervorriefen, die man sich als wesentlich für das

[1] Für die Bereitwilligkeit, mit der sowohl der Director der Forstakademie, Hr. Ober-Forstmeister Dr. Danckelmann, wie meine dortigen Fachcollegen, die HH. Prof. Luerssen und Forstassessor von Alten meine Bestrebungen unterstützten, spreche ich hier öffentlich meinen verbindlichsten Dank aus.

Zustandekommen des Saftsteigens vorstellte. Diese Ansicht gedachte ich denn auch als Ausgangspunkt für die folgende Mittheilung zu wählen.

Nachdem jedoch in neuester Zeit MAX SCHEIT[1] wiederholt für die von ihm aufgestellte Behauptung eingetreten, »dass die wasserleitenden Organe entweder Wasser oder Wasserdampf, nicht aber Luft führen«, mag es am Platze sein, die hiermit wieder aufgefrischte Vorfrage nach dem Inhalt der Gefässe und Tracheiden zuerst zu behandeln. Auf eine Kritik der von SCHEIT mitgetheilten Thatsachen und Schlussfolgerungen glaube ich indess verzichten zu sollen; ich bemerke nur, dass seine sämmtlichen Beobachtungen sich auf Blattstiele oder auf Zweige beziehen, welche mit der Doppelscheere durchschnitten werden konnten, dass sie folglich für dickere Organe nicht beweisend sind. Im Übrigen beschränke ich mich auf die Darlegung der Thatsachen, welche durch zahlreiche Bohrversuche an Laub- und Nadelhölzern gewonnen wurden. Diese Versuche wurden sämmtlich bei vollständigem Luftabschluss ausgeführt, in der Weise also, dass die Oberfläche des herausgebohrten cylindrischen Zapfens nie mit Luft, sondern stets nur mit Flüssigkeit (Wasser, Glycerin etc.) in Berührung kam. Luftleere, bloss mit Wasserdampf erfüllte Räume mussten unter solchen Umständen nothwendig verschwinden, wenn als abschliessende Flüssigkeit Wasser oder eine verdünnte wässerige Lösung gewählt wurde. Lufterfüllte Räume dagegen konnten höchstens Dimensionsänderungen zeigen, durch welche die etwaigen Spannungsdifferenzen ausgeglichen wurden; sie contrahirten sich vielleicht, aber sie verschwanden nicht. Der herausgebohrte Zapfen musste also nach wie vor einen erheblichen Luftgehalt aufweisen.

Das Letztere war nun bei den angestellten Versuchen ausnahmslos der Fall; es ergab sich als unmittelbares Resultat der Beobachtung, dass die Gefässe und Tracheiden der Baumstämme neben Wasser auch Luft enthalten.

Bezüglich der Einzelheiten in der Ausführung habe ich nur wenig beizufügen. Für das Anbohren der Bäume hatte ich ursprünglich hohlcylindrische Bohrer bestimmt, deren kreisförmiges Ende mit Sägezähnen versehen war. Diese Instrumente sollten durch einen an der Oberfläche des Stammes festgeschnallten, mit Flüssigkeit gefüllten Cylinder bis zur Bohrstelle eingeführt und dann in Bewegung gesetzt

[1] Die Wasserbewegung im Holze. Vorläufige Mittheilung in Bot. Zeit. 1884, S. 182. Ferner: Beantwortung der Frage nach dem Luftgehalt des wasserleitenden Holzes. Jenaische Zeitschr. f. Naturwiss. Bd. XVIII. N. F. XI. Die Wasserbewegung im Holze. Ebenda Bd. XIX. N. F. XII.

werden. Es zeigte sich indessen bald, dass ein in forstmännischen Kreisen bereits bekanntes Instrument, der sogenannte Zuwachsbohrer, den zu stellenden Anforderungen in viel einfacherer Weise genügt. Es ist dies ebenfalls ein Hohlcylinder oder richtiger ein nach dem vorderen, mit scharfer Schneide versehenen Ende etwas verjüngter Hohlkegel (Fig. 1, der obere Theil im Längsschnitt), dessen Aussenfläche mit vorstehenden Schraubenwindungen ausgestattet ist. Mittels dieser Windungen kann das Instrument nach Art einer Schraube in den Baumstamm hineingetrieben werden. Der cylindrische Zapfen, welcher hierbei herausgeschnitten wird, füllt natürlich die kegelförmige Höhlung nur zunächst der Schneide vollständig aus; weiter nach rückwärts umgiebt ihn ein mantelförmiger leerer Raum, von welchem aus bei gewöhnlichem Gebrauch Luft in die angeschnittenen Zellen eindringt. Man hat indessen nur nöthig, die Höhlung des Bohrers, nachdem derselbe angesetzt worden, mit einer Flüssigkeit zu füllen, um die Möglichkeit des Luftzutrittes vollständig auszuschliessen. Die Bohrung kann alsdann ohne weitere Vorrichtungen in durchaus zweckentsprechender Weise ausgeführt werden.


Fig. 1.

Näheres über einzelne Versuche geben die folgenden, an Ort und Stelle gemachten Aufzeichnungen.

Pinus silvestris.

Versuch vom 7. Mai 1885. Aus einem etwa zwei Fuss dicken Stamm wurde in Brusthöhe unter ausgekochtem Wasser ein etwa 2^{cm} langer Zapfen herausgebohrt und in eben solchem Wasser aufbewahrt. Nach sechsstündigem Liegen enthielten die Tracheiden noch reichlich Luft, welche durchschnittlich etwa zwei Drittel des Lumens ausfüllte.

Die mikroskopische Untersuchung geschah ebenfalls in luftfreiem Wasser, so dass ein nachträgliches Eindringen von Luft in die Tracheiden unmöglich war. Dass die in letzteren ursprünglich vorhandenen Blasen Luft- und nicht Wasserdampfblasen waren, ging auch daraus hervor, dass sie beim Erhitzen des Praeparates theilweise aus den Zellen hervortraten und sich im Wasser zu grösseren Blasen vereinigten, welche nach zwölfstündigem Liegen noch nicht verschwunden waren.

Ein aus demselben Stamm unter Luftzutritt herausgebohrter Zapfen verhielt sich ganz übereinstimmend. Ein Unterschied im Ver-

gleich mit dem unter Wasser herausgebohrten konnte bezüglich des Luftgehaltes nicht constatirt werden.

Ebenso verhielten sich auch Holzzapfen, welche aus anderen Kieferstämmen unter ausgekochtem Glycerin herausgebohrt, in Glycerin aufbewahrt und mikroskopisch untersucht wurden. Beim Erwärmen des Objectträgers traten auch hier einzelne Luftblasen aus den Tracheiden in die umgebende Flüssigkeit hervor, wo sie selbst nach mehreren Stunden noch nicht verschwunden waren. Vom Glycerin konnten diese Blasen nicht herrühren, da dasselbe vorher durch starkes Erhitzen luftfrei gemacht worden war. Der Vergleich mit anderen, unter Luftzutritt herausgebohrten Zapfen ergab in keinem Falle einen merklichen Unterschied.

Fagus silvatica.

1. Versuch vom 9. Mai 1885. Die unter Glycerin herausgebohrten Zapfen zeigten in den Gefässen reichlich Luftblasen, während die Libriformzellen noch ganz mit wässerigem Zellsaft erfüllt waren. Der Baum war eben im Begriff, die Blätter zu entfalten.

Die zur Vergleichung unter Luftzutritt herausgebohrten Zapfen verhielten sich ebenso.

Auch bei Wiederholung der Versuche am 16. Mai war das Lumen der Libriformzellen noch frei von Luftblasen.

2. Versuch vom 20. Mai. Unter Glycerin herausgebohrte Zapfen zeigten stellenweise auch in den hofgetüpfelten Libriformzellen kleine Luftblasen, welche stets im mittleren Theile des Lumens, nie an den Enden auftraten. — Entfaltung der Blätter schon ziemlich vorgeschritten.

Bohrversuche, welche unter Anwendung luftgesättigten Wassers ausgeführt wurden, ergaben dasselbe Resultat.

Quercus Robur.

Versuch vom 20. Mai 1885. Es wurden verschiedene Stämme unter Glycerin angebohrt. Die so gewonnenen Holzcylinder zeigten sowohl in den Gefässen wie in den Libriformzellen reichlich Luft. Hierbei konnte mit aller Bestimmtheit das Vorkommen einer Luftblase im zugespitzten Ende einer Libriformzelle constatirt werden. Doch ist dies ein seltener Fall; in der Regel liegen die Luftblasen stets im mittleren Theil des Lumens.

Alnus glutinosa.

Versuche vom 15. Mai 1885. Dieselben ergeben, dass in Gefässen und Libriformzellen reichlich Luft enthalten ist. In den letzteren führen öfter nur die beiden Enden noch Wasser, der ganze mittlere Theil wird von einer langen Luftblase ausgefüllt.

Betula alba und *Salix spec.* lieferten nach Beobachtungen vom 15. und 16. Mai genau dieselben Ergebnisse. Nach fünf- bis sechsstündigem Liegen der bei Luftabschluss herausgebohrten Zapfen in gewöhnlichem Wasser, waren die Luftblasen merklich kleiner geworden, aber nicht verschwunden.

Es kann also nach den vorstehenden Versuchen keinem Zweifel unterliegen, dass die todten Elemente des Holzkörpers — wenn wir von der Periode grösster Saftfülle absehen — neben Wasser auch Luft enthalten. Übrigens führt schon das bald sehr energische, bald auch sehr schwache Saugen frischer Schnittflächen zu dem nämlichen Schluss; denn diese Ungleichheiten beweisen, dass keineswegs immer derselbe Grad von Luftverdünnung im Holze vorhanden ist. Es kann also schon deshalb nicht bloss Wasserdampf in den leeren Räumen enthalten sein; wäre dies der Fall, so müsste die Saugwirkung stets dem Zuge einer vollen Atmosphäre entsprechen und folglich immer gleich lebhaft, wenn auch nicht gleich ausgiebig sein. Das Vorhandensein von Luft in den Zellen ergiebt sich also schon aus dieser einfachen Betrachtung mit aller Sicherheit.

Von dieser Thatsache ausgehend, wollen wir jetzt zu ermitteln suchen, wie sich Luftblasen und Wassersäulen im Holzkörper vertheilen und welches Volumverhältniss etwa zwischen diesen Inhaltsbestandtheilen bestehen möchte. Für die Tracheiden der Coniferen liegen hierüber bereits genügende Daten, vor allem die werthvollen Bestimmungen R. Hartig's vor, wonach der Luftgehalt in den Lumina für gewöhnlich etwa zwischen 15 und 40 Procent variirt.[1] Dagegen fehlen meines Wissens einschlägige Messungen über die Länge der Luftblasen und Wassersäulen in den Gefässen der Laubhölzer. Um diese Lücke soweit möglich auszufüllen, wurden zunächst an den aus Buchenstämmen herausgebohrten Zapfen verschiedene Maassbestimmungen vorgenommen, welche für die untersuchten Objecte folgende Mittelwerthe ergaben.

[1] Vergl. R. Hartig, Untersuch. aus dem forstbot. Institut zu München, II, S. 27 f.

Gefässe von *Fagus silvatica.*

Am 30. und 31. Mai 1885. Stamm.

I.	Mittlere Länge einer Luftblase	$0^{mm}364$
	» » » Wassersäule ..	$0^{mm}182$
	Zusammen ...	$0^{mm}546.$
II.	Mittlere Länge einer Luftblase	$0^{mm}294$
	» » » Wassersäule ..	$0^{mm}182$
	Zusammen ...	$0^{mm}476.$

Dasselbe Datum. Zweijähriger Ast.

III.	Mittlere Länge einer Luftblase	$0^{mm}220$
	» » » Wassersäule ..	$0^{mm}160$
	Zusammen ...	$0^{mm}380.$

Am 2. Juni. Zehnjähriger Ast.

IV.	Mittlere Länge einer Luftblase	$0^{mm}322$
	» » » Wassersäule ..	$0^{mm}091$
	Zusammen ...	$0^{mm}413.$

Am 18. Juni. Stamm.

V.	Mittlere Länge einer Luftblase	$0^{mm}392$
	» » » Wassersäule ..	$0^{mm}060$
	Zusammen ...	$0^{mm}452.$

Am 23. Juni. Zweig von etwa 2^{cm} Durchmesser.

VI.	Mittlere Länge einer Luftblase	$0^{mm}378$
	» » » Wassersäule ..	$0^{mm}168$
	Zusammen ...	$0^{mm}546.$

Für je eine Luftblase und eine Wassersäule zusammen ergiebt sich aus diesen Zahlenwerthen eine mittlere Länge von $0^{mm}469$.

Die Einzelbestimmungen, aus welchen die angegebenen Dimensionen berechnet wurden, beziehen sich auf Gefässstücke mit zwei bis sechs Luftblasen und zwischenliegenden Wassertropfen, welche sämmtlich einzeln gemessen wurden. Die Spannung der Gefässluft hatte sich mit derjenigen der Atmosphaere ausgeglichen.

Ausser den vorstehend mitgetheilten, ziemlich übereinstimmenden Ziffern liegen noch einige wenige Bestimmungen vor, die sich auf einen etwa 3^{cm} dicken Ast der Buche beziehen. Sie wurden am 19. Juni ausgeführt und ergaben ausnahmsweise eine mittlere Luftblasenlänge von $1^{mm}96$, indess die Wassersäulen im Durchschnitt $0^{mm}238$ erreichten; zusammen also eine Länge von $2^{mm}198$. Wahrscheinlich war dieser Ast stärker exponirt, doch ist dies in den betreffenden Notizen nicht ausdrücklich bemerkt.

Ist die Luft in den Gefässen verdünnt, so nimmt sie natürlich einen entsprechend grösseren Raum ein. Setzen wir z. B. die Lufttension zu einem Drittel der normalen an, so erreicht die mittlere Länge einer Luftblase für die unter I bis VI aufgeführten Fälle nahezu 1^{mm}. Je eine Luftblase und eine Wassersäule beanspruchen alsdann zusammen eine Röhrenlänge von $1^{mm}33$. Bei noch weiter gehender Verdünnung kann dieser Werth leicht auf 2^{mm} und darüber gesteigert werden.

II. Verhalten der Jamin'schen Kette.

Nach dem Vorstehenden befindet sich in jedem Gefäss unserer Laubhölzer eine Jamin'sche Kette, deren Luftblasen im Durchschnitt etwa eine Länge von $0^{mm}33$ besitzen, während die damit alternirenden Wassersäulen nur ungefähr $0^{mm}14$ erreichen. Je eine Luftblase und eine Wassersäule beanspruchen also zusammengenommen eine Röhrenlänge von $0^{mm}47$ oder in abgerundeter Zahl $= 0^{mm}5$. Diese durch directe Messung gewonnenen Angaben beziehen sich zunächst auf Baumstämme und dickere Äste und auf eine Luftdichtigkeit, welche derjenigen der Atmosphaere gleichkommt.

Um nun die Bewegungsvorgänge, welche in Folge von Druckdifferenzen in der Jamin'schen Kette stattfinden, einigermaassen beurtheilen zu können, ist vor Allem eine annähernde Bestimmung der Widerstände nöthig, welche einer Verschiebung der Wassersäulen entgegenwirken. Zu diesem Behufe wurde auf experimentellem Wege ermittelt, welche Druckhöhe eben ausreicht, um in Holzstücken von etwa 4 bis 12^{cm} Länge die Jamin'schen Ketten in Bewegung zu setzen und folglich einen mehr oder weniger lebhaften Luftaustritt am abgekehrten Ende hervorzurufen. Ist diese Druckhöhe gegeben und überdies die mittlere Länge der Luftblasen und Wassersäulen bekannt, so lässt sich hieraus der Widerstand für die einzelne Wassersäule mit ihren zwei Menisken berechnen.

Es sei z. B. die gefundene Druckhöhe $= 1200^{mm}$ Wasser, die Länge des benutzten Holzstückes $= 100^{mm}$, diejenige eines Gliederpaares in der Jamin'schen Kette, d. h. einer Wassersäule und einer Luftblase $= 0^{mm}5$. Dann ist die Gesammtzahl der Gliederpaare und folglich auch der Wassersäulen in jedem Gefäss $= 200$ und der Widerstand für das einzelne Gliederpaar berechnet sich auf 6^{mm}, d. h. derselbe hält einer Wassersäule von 6^{mm} das Gleichgewicht.

Über die approximative Grösse dieses Widerstandes mögen nun einige Beispiele Auskunft geben.

1. An 120^{mm} langen, frisch ausgegrabenen Wurzelstücken von *Fagus silvatica* ruft eine Wassersäule von 1200^{mm} eine lebhafte Luftströmung hervor, während bei 600^{mm} Druck nur ein äusserst spärlicher Austritt von Luftblasen erfolgt. Betrachten wir also die erstgenannte Ziffer als maassgebend und setzen wir wiederum die Länge eines Gliederpaares $= 0^{mm}.5$, so ergiebt die Rechnung 240 Gliederpaare und pro Paar einen Widerstand von 5^{mm} Wasser.

Versuche mit anderen, nur 80^{mm} langen Wurzelstücken ergaben den etwas geringeren Widerstand von nicht ganz 4^{mm}.

2. Frische Wurzeln von *Alnus glutinosa* erforderten bei Anwendung von 100^{mm} langen Stücken einen Wasserdruck von 1200^{mm}, um die bezeichnete Luftströmung zu zeigen. Hieraus berechnet sich der fragliche Widerstand pro Gliederpaar unter denselben Voraussetzungen, wie oben, auf 6^{mm} Wasser.

Bei Wurzelstücken von 130^{mm} Länge und darüber war eine Wassersäule von 1200^{mm} ohne Wirkung.

3. Äste von *Populus alba* wurden in vier Quadranten gespalten und die letzteren nach Entfernung des Markes untersucht. Stücke von 80^{mm} Länge zeigten lebhaftes Austreten von Luftblasen bei einem Druck von 1200^{mm} Wasser. Der Widerstand in der Jamin'schen Kette beträgt hiernach $= 7^{mm}.5$ Wasser pro Gliederpaar, immer unter der Voraussetzung, dass die Länge eines solchen Paares $= 0^{mm}.5$ zu setzen sei.

4. Ebenso behandelte Äste von *Betula alba* lieferten genau dasselbe Resultat, also ebenfalls einen Widerstand von $7^{mm}.5$ pro Gliederpaar.

5. Zahlreiche, in derselben Weise angestellte Versuche mit ungefähr zolldicken Ästen von *Quercus Robur* ergaben bei Anwendung von etwa 50 bis 60^{mm} langen Stücken einen mittleren Widerstand von 10^{mm} Wasser pro Gliederpaar.

6. Ebenso behandelte, etwa daumendicke Äste von *Fagus silvatica* zeigten an 60^{mm} langen Stücken lebhaften Luftaustritt bei Anwendung eines Druckes von 600^{mm} Wasser, woraus sich für die angenommene Länge eines Gliederpaares ein Widerstand von 5^{mm} pro Paar ergiebt.

7. Mehrjährige Zweige von *Salix fragilis* lieferten für den fraglichen Widerstand im Frühlingsholz etwas schwankende Werthe, im Mittel etwa 6 bis 8^{mm} pro Gliederpaar.

Vergleichen wir nun diese Zahlen mit den von A. Zimmermann[1] gefundenen Werthen, wonach der Widerstand der beiden Menisken eines Wassertropfens in der Jamin'schen Kette ein Viertel bis ein Sechstel der Capillarkraft beträgt, so muss der Unterschied in den Ergebnissen überraschen. Nach Zimmermann, dessen Untersuchungen sich allerdings nur auf Glasröhren beziehen, würde nämlich der Widerstand der einzelnen Luftblase (also nach obiger Bezeichnung der Widerstand pro Gliederpaar) bei einer Röhrenweite von 50 Mik. etwa 100^{mm} Wasser betragen, nach den vorstehend mitgetheilten Versuchen dagegen, bei welchen zum Theil Gefässröhren von ungefähr gleicher Weite den Ausschlag gaben, nur etwa 5 bis 10^{mm} pro Gliederpaar.

Man könnte nun versucht sein, diesen Unterschied mit der Imbibitionsfähigkeit der Gefässwand in irgend welchen Zusammenhang zu bringen. Da jedoch erfahrungsgemäss für die Capillaritätserscheinungen nur die Benetzbarkeit der Substanz, nicht ihre chemische und moleculare Zusammensetzung maassgebend ist, so muss jede Vermuthung dieser Art von vornherein zurückgewiesen werden. Überdies ergaben directe Versuche mit etwa 3^{mm} langen Pfropfen aus dem Holze von *Aristolochia Sipho* und *Clematis Vitalba*, dass die Wassersäulen in den Gefässen sich keineswegs durch leichte Verschiebbarkeit auszeichnen.

Da ferner die Druckhöhen, bei welchen der Austritt von Luftblasen aus den Gefässen der Holzstücke beobachtet wurde, eher zu hoch als zu niedrig angegeben sind, so bleibt nur übrig, nach Fehlerquellen in der Längenbestimmung der Gliederpaare zu suchen. Solche Fehlerquellen sind in der That vorhanden. Erstlich ist zu berücksichtigen, dass die längeren Wassersäulen bei der Herstellung von Längsschnitten leichter getroffen werden als die kürzeren, weshalb für die Ausführung der Messungen sich vorwiegend Objecte darbieten, deren durchschnittliche Länge unter dem wahren Mittelwerth zurückbleibt. Dazu kommt sodann der Umstand, dass die untersuchten Aststücke wahrscheinlich mehr oder weniger verdünnte Luft enthielten, was zur Folge haben musste, dass die Wassersäulen durch den atmosphaerischen Druck von den Schnittflächen aus nach der Mitte zusammengeschoben wurden. Der beobachtete Widerstand gegen Verschiebung rührte also voraussichtlich von einer Kette her, deren Länge mit derjenigen des Aststückes nicht übereinstimmte; die Berechnung pro Gliederpaar ergab daher eine zu kleine Ziffer.

Zuweilen lässt sich auch ganz direct beobachten, dass einzelne Gefässe weithin nur Luft, andere auf einer eben so langen Strecke

[1] A. Zimmermann, Berichte der Deutschen Bot. Ges. Bd. I, S. 384.

nur Wasser führen. Beim Experimentiren geben alsdann die geringsten Widerstände den Ausschlag, während die mikrometrische Messung der Gliederpaare sich vielleicht auf ganz andere Ketten bezog.

Die Correcturen, welche mit Rücksicht auf diese Fehlerquellen anzubringen wären, sind leider einer genaueren Bestimmung auf directem Wege nicht fähig. Soviel ist jedoch sicher, dass die gefundenen Zahlenwerthe, sowohl für die Länge der Gliederpaare als für die hieraus berechneten Verschiebungswiderstände, kleiner sind als die wirklichen und zwar so erheblich, dass statt ihrer wahrscheinlich richtiger deren Multipla gesetzt werden können.

Trotz der bezeichneten Fehlerquellen mag es gestattet sein, uns vorläufig an die empirisch gefundenen oder willkürlich abgerundeten Werthe zu halten, nur um die folgende Betrachtung für bestimmte Zahlenverhältnisse durchzuführen. Es handelt sich jetzt nämlich darum, unter gegebenen Bedingungen die Vorgänge zu ermitteln, welche in der Jamin'schen Kette in Folge von Saugwirkungen am einen Ende derselben sich abspielen. Denken wir uns vorerst eine solche Kette einfachster Art in aufrechter Stellung. Luftblasen und Wassersäulen seien unter sich gleich, jede 1^{mm} lang. Die Röhrenweite betrage $0^{mm}.05$; der Widerstand eines Gliederpaares (d. h. zweier Menisken) sei $= 9^{mm}$ Wasserdruck, zu welcher Grösse für die Richtung von unten nach oben noch das Eigengewicht einer Wassersäule zu addiren ist, so dass der Gesammtwiderstand sich auf 10^{mm} Wasser beziffert.

Stellen wir uns jetzt vor, die so beschaffene Kette sei längere Zeit einer starken Saugwirkung ausgesetzt, welche indess nur auf die oberen Gliederpaare einwirke. Zahlreiche Wassersäulen seien in Folge dessen bereits verschwunden und die Spannung der Luftblasen habe auch schon einen sehr niedrigen Grad erreicht. Wir könnten diese Spannung, um den extremsten Fall zu wählen, auf Null sinken lassen; der einfacheren Rechnung wegen mag es indess gestattet sein, sie dem oben bezeichneten Gesammtwiderstand von 10^{mm} Wasser gleich zu setzen. In diesem Falle beträgt also die Spannung der obersten Luftblase, deren räumliche Ausdehnung wir vorläufig unbestimmt lassen, in Wasser ausgedrückt $= 10^{mm}$, d. h. ungefähr $^1/_{1000}$ einer Atmosphaere. Die nächstfolgende Luftblase besitzt alsdann eine um den Widerstand der zwischenliegenden Wassersäule, also um 10^{mm} höhere Spannung. Dasselbe gilt auch von der zweit- und drittfolgenden u. s. w. Wir erhalten somit für die successiven Luftblasen

die folgende Spannungsreihe, in welcher die Ziffern den Wasserdruck in Millimetern bezeichnen.

$$10, \quad 20, \quad 30, \quad 40, \quad 50, \quad 60 \;\ldots\ldots\; n \cdot 10.$$

Im letzten Gliede rechts, also im n^{ten} der Reihe, sei die Spannung der Luft wieder derjenigen der Atmosphaere gleich, also rund $= 10^{\text{m}}$ oder 10000^{mm}. Man hat also $n \,.\, 10 = 10000$, woraus $n = 1000$, d. h. die 1000. Luftblase, von oben gerechnet, zeigt wieder die normale Spannung.

Um nun noch die Längenausdehnung der Luftblasen zu bestimmen, gehen wir von der Erwägung aus, dass das arithmetische Mittel aus den successiven Spannungen unserer Reihe $= 5005^{\text{mm}}$, also rund eine halbe Atmosphaere beträgt. Die Luftblasen haben also durchschnittlich halbe Normalspannung und folglich doppelte Länge. Diese Durchschnittswerthe entsprechen zugleich dem mittleren Glied der Kette, also der 500. Luftblase. Wenn aber diese Luftblase bei halber Spannung doppelte Länge besitzt, so steigert sich diese Länge von da bis zum oberen Ende auf das Vierfache. Die oberste Luftblase ist somit 4^{mm}, die 500. 2^{mm}, die 1000. (wie alle übrigen) 1^{mm} lang.

Wollte man die sämmtlichen Luftblasen bis zur n^{ten} wieder auf ihre ursprüngliche Grösse comprimiren, so müsste ihre durchschnittliche Länge auf die Hälfte reducirt werden. Dies könnte z. B. dadurch geschehen, dass 500 Wassersäulen von je 1^{mm} Länge einzeln in die Luftblasen eingeführt würden. Wenn dem aber so ist, so muss umgekehrt die angenommene Verdünnung der Luft durch das Verschwinden von 500 Wassersäulen zu Stande gekommen sein. Hieraus ergeben sich für den Zustand nach und vor der Saugwirkung folgende Verhältnisse.

Nach der Saugwirkung bestand die Kette bis zu demjenigen Punkte, wo keine Veränderungen mehr eintreten, aus 1000 Wassersäulen von je 1^{mm} Länge und aus 1000 Luftblasen von durchschnittlich doppelter Länge. Die Gesammtlänge der Kette beträgt also 3000^{mm}.

Vor der Saugwirkung waren es dagegen 1500 Wassersäulen und 1500 Luftblasen von je 1^{mm} Länge, zusammen also ebenfalls 3000^{mm} Kettenlänge.

Auf diese ausführliche Darlegung mögen nun noch einige Zahlenbeispiele folgen, welche sich unmittelbar an die oben mitgetheilten Versuchsergebnisse anlehnen.

1. Mittlere Länge der Luftblasen $= 0^{\text{mm}}.3$, der Wassersäulen $= 0^{\text{mm}}.2$, zusammen $= 0^{\text{mm}}.5$. Widerstand eines Gliederpaares gegen Verschiebung $= 8^{\text{mm}}$ Wasser. Für die Spannungen der Luftblasen nach statt-

gefundener Saugwirkung ergiebt sich alsdann die Reihe 8, 16, 24 .... $n \cdot 8$, und da $n \cdot 8 = 10000$, so wird $n = 1250$. Nach der Saugwirkung besteht also das in Betracht kommende Stück der JAMIN'schen Kette aus 1250 Luftblasen von durchschnittlich doppelter Länge und aus ebenso vielen Wassersäulen von ursprünglicher Länge. Die Gesammtlänge der Kette beziffert sich also auf $1250 \cdot 0.6 + 1250 \cdot 0.2 = 1000^{mm}$. Vor der Saugwirkung waren es dagegen 2000 Luftblasen à $0^{mm}3$ und 2000 Wassersäulen à $0^{mm}2$, zusammen 600^{mm} Luft und 400^{mm} Wasser, also wieder $= 1000^{mm}$.

2. Mittlere Länge einer Luftblase $= 0^{mm}22$, einer Wassersäule $= 0^{mm}16$. Widerstand eines Gliederpaares gegen Verschiebung $= 5^{mm}$. Spannungsreihe also 5, 10, 15 .... $n \cdot 5$. Hieraus $n = 2000$. Nach stattgefundener Saugwirkung enthält somit die Kette innerhalb der Verschiebungszone 2000 Luftblasen à $0^{mm}44$, welche einen Raum von 880^{mm} beanspruchen, und 2000 Wassersäulen à $0^{mm}16$ mit einer Gesammtlänge von 320^{mm}. Länge der Kette $880 + 320 = 1200^{mm}$.

3. Mittlere Länge einer Luftblase $= 0^{mm}39$, einer Wassersäule $= 0^{mm}06$. Widerstand eines Gliederpaares $= 4^{mm}$ Wasserdruck. Spannungsreihe demnach 4, 8, 12 .... $n \cdot 4$. Hieraus $n = 2500$. Innerhalb der Verschiebungszone enthält somit die Kette 2500 Luftblasen à $0^{mm}78$ und 2500 Wassersäulen à $0^{mm}06$, was zusammen einer Kettenlänge von 1900^{mm} entspricht.

4. Länge der Luftblasen $= 2^{mm}$, der Wassersäulen $= 0^{mm}24$. Widerstand eines Gliederpaares $= 10^{mm}$ Wasserdruck. Spannungsreihe 10, 20, 30 .... $n \cdot 10$. Hieraus $n = 1000$. Die Kettenlänge innerhalb der Verschiebungszone berechnet sich daher auf $1000 \cdot 4 + 1000 \cdot 0.24 = 4240^{mm}$.

Ich bemerke hierzu, dass die angenommene Luftblasenlänge von 2^{mm} nur einmal beobachtet wurde (vergl. S. 567).

Lassen wir jetzt nachträglich die oben erwähnte Correction eintreten, indem wir den Widerstand der Wassersäulen erheblich höher ansetzen, so reduciren sich die berechneten Kettenlängen auf entsprechend kleinere Werthe, welche voraussichtlich nicht über 2 bis 3^{m} hinausgehen.

Diese Berechnungen der Kettenlänge bis zu dem Punkte, wo die Verschiebung gleich Null wird, sind im Übrigen auf die Annahme basirt, dass die Wassersäule, welche nach stattgefundener Saugwirkung die oberste in der Kette ist, nicht mehr im Bereiche der osmotischen Saugung liege. Denn nur unter dieser Bedingung ist

für den Augenblick ein stabiler Gleichgewichtszustand denkbar; in jedem anderen Falle würde die Entleerung der Gefässröhren noch fortdauern.

Die bezeichnete Annahme erscheint indess unter allen Umständen gerechtfertigt. Zwar ist die Grenze, bis zu welcher eine lebhafte Transpiration durch Vermittelung des Parenchyms wasserentziehend wirkt, nicht genau bestimmbar; wir wissen jedoch, dass die eigentlichen Verdunstungsflächen eines Baumes auf die Blätter und die jüngeren Zweige beschränkt sind und dass die osmotische Bewegung von Zelle zu Zelle, welche durch den Wasserverlust herbeigeführt wird, nur eine ganz kurze Strecke weiter nach rückwärts reicht.[1] Die obersten Wassersäulen der Jamin'schen Ketten liegen also im Allgemeinen stets in den jüngeren Theilen der Baumkrone.

Ist diese Folgerung richtig, dann ergiebt sich aus dem Vorstehenden, dass die durch Transpiration bedingte Saugwirkung in der Jamin'schen Kette — diese für sich allein betrachtet — in der Regel ebenfalls nur auf die dünneren Äste beschränkt bleibt und voraussichtlich nur selten über die Basis der Krone herabreicht. Im astfreien Schaft ist folglich der Wassergehalt der Gefässe für die unmittelbare Saugwirkung der transpirirenden Krone gewöhnlich gar nicht erreichbar.

Von einer bis in die Wurzelspitzen sich fortpflanzenden Saugwelle, wie Böhm sie voraussetzte, kann also innerhalb der Gefässe, zumal bei höheren Bäumen, nicht wohl die Rede sein. Übrigens ist die Unhaltbarkeit dieser Vorstellung bereits von Godlewski[2] in überzeugender Weise dargelegt worden.

Andererseits ist bekannt, dass ein nennenswerther Auftrieb von unten, d. h. von der Wurzel her, in den Gefässen nur während der Zeit des Blutens vorhanden ist. Mit der Entfaltung der Blätter ist diese Periode der Saftfülle abgeschlossen. Von jetzt ab besorgen die Wurzeln zwar immer noch den nöthigen Nachschub; allein dies geschieht mit so geringer Kraft, dass die Hiebfläche eines Baumstumpfes schon bei 1 bis 2^m Abstand von der Erdoberfläche nicht mehr schwitzt, selbst dann nicht, wenn die Verdunstung vollständig beseitigt wird. Überdies bluten auch die tiefer gelegenen Schnittflächen oder Bohrlöcher eines Stumpfes offenbar nicht aus den Gefässen, sondern aus den saftreichen Tracheiden und Libriformzellen; dies ergiebt sich schon aus der Thatsache, dass die in den Holzkörper eingeführten Röhren nur Wasser, niemals Luftblasen aufnehmen.

---

[1] Vergl. Westermaier, Über die Wanderung des Wassers im lebenden Parenchym. Sitzungsber. d. Berliner Akad. d. Wiss. 1884, S. 1110.

[2] Zur Theorie der Wasserbewegung in den Pflanzen. Pringsheim's Jahrbücher Bd. XV. S. 569 (1884).

Über diesen Punkt, auf den ich weiterhin zurückkommen werde, liegen mir verschiedene Versuchsergebnisse vor, von denen ich hier nur das folgende anführe.

Am 17. Juni 1885 wurden gegen Abend zwei Buchen in verschiedenen Höhen abgesägt, die eine kurz über dem Boden, die andere in Mannshöhe. Die stehen gebliebenen Stumpfe wurden dicht mit Wachsleinwand verbunden, so dass jede Verdunstung in die Luft vermieden war. Am anderen Morgen waren die Schnittflächen der beiden Stumpfe zwar feucht, jedoch ohne zu bluten. Am 20. Juni Morgens zeigte dagegen der kürzere Stumpf deutliches Bluten, indem die Schnittfläche unter dem Tuche ganz mit Wasser bedeckt war; der längere war unverändert geblieben, die Schnittfläche fühlte sich nur feucht an, wie bei frisch durchschnittenem Holze.

Zwei unten am längeren Stumpf angebrachte Manometer mit offener Röhre zeigten deutlichen Saftaustritt. Es trat aber nur Saft aus dem Holze aus, nicht etwa abwechselnd Wasser und Luftblasen. Ein drittes, etwa in halber Brusthöhe befindliches Manometer deutete auf Saugung von Seite des Stumpfes, was jedoch möglicher Weise eine bloss locale Erscheinung war.[1]

Die mikroskopische Untersuchung des Stumpfholzes ergab, dass die Gefässe reichlich Luft führten, während das Libriform ganz mit wässerigem Saft erfüllt war. Das Letztere scheint übrigens bei Laubhölzern nur selten vorzukommen; wenigstens erwies sich bei *Betula* und *Carpinus* zu derselben Zeit auch das Libriform im Stumpfholze stets lufthaltig, obschon beim Bluten ebenfalls nur Wasser austrat.

Wenn aber, wie aus dem Mitgetheilten hervorgeht, die Saugung von oben nur etwa bis zur Basis der Krone herab und die Druckwirkung von unten höchstens bis auf Mannshöhe hinauf reicht (in den Gefässen nicht einmal so weit), so kann die Bewegung der Jamin'schen Kette in demjenigen Theil des Stammes, welcher zwischen den bezeichneten Grenzen liegt, nur durch Kräfte bewirkt werden, die im Stamme selbst ihren Sitz haben. Diese von Saugung und Pressung in axiler Richtung unbeeinflusste Stammlänge kann bei hochschäftigen Bäumen leicht 15 bis 20^m und darüber betragen.

Hierzu ist allerdings noch die Bemerkung zu wiederholen, dass die ganze vorstehende Betrachtung sich nur auf die isolirt gedachte Jamin'sche Kette bezieht. Im Baume selbst werden die erhaltenen Resultate durch die Luftspannungen im Libriform, welche anderen

[1] In gleicher Höhe angebrachte Manometer verhalten sich nämlich keineswegs immer gleich; es kann vorkommen, dass das eine Saugen, das andere Bluten anzeigt. Die Schnittfläche eines dicht am Stamme abgeschnittenen Astes kann bluten, während der Stamm selbst unmittelbar darüber Wasser einsaugt.

Gesetzen folgen, vielfach modificirt, und zwar je nach dem Saftreichthum des Holzes in verschiedener Weise. Die hierbei vorkommenden Wasserverschiebungen finden jedoch im Grossen und Ganzen nur in der Querrichtung statt und können daher vernachlässigt werden.

III. Das Wassernetz im Tracheidensystem des Holzkörpers.

Nicht zu verwechseln mit den Gefässröhren, in denen Wassertropfen und Luftblasen sich zur continuirlichen Kette aneinander reihen, sind die ringsum geschlossenen Tracheiden (und Libriformzellen), obschon sie ebenfalls ein bewegliches System von Wasser und Luft enthalten. Mit Rücksicht auf die Saftbewegung im Holze liegt übrigens der Unterschied weniger in der Geschlossenheit der einzelnen Elemente, als vielmehr in der ungleichen Permeabilität der Zellmembran für Wasser und Luft. Während das Wasser schon bei geringem Druck von Zelle zu Zelle strömt, zumal in der Richtung der behöften Poren, erscheint die Beweglichkeit der Luft auf ein äusserst geringes Maass eingeschränkt. Die Luftblasen in den einzelnen Tracheiden befinden sich also in relativer Ruhe, indess der wässerige Inhalt an der allgemeinen Bewegung des Saftsteigens Antheil nimmt; jene Blasen verhalten sich gleichsam wie Inseln eines Flusses in der netzartig getheilten Strömung.

Aus diesem Verhalten erklärt sich die schon oben erwähnte Erscheinung, dass beim Bluten der Baumstumpfe im Sommer gewöhnlich nur Saft, ohne alle Beimengung von Luftblasen, aus dem Holze hervorquillt, selbst wenn Gefässe und Libriform reichlich Luft führen. Damit in Übereinstimmung steht auch die mikroskopische Thatsache, dass die Luftblasen fast immer den mittleren Theil des Lumens (meist in Mehrzahl) und nur ausnahmsweise das spitze Ende desselben einnehmen. Würde die Luft der Strömung des Saftes folgen, wenn auch in langsamerer Bewegung, so müsste sie doch erst an die zugeschärften Enden der Tracheiden sich anlegen, bevor sie dieselben durchsetzt, um in die Nachbarzelle zu gelangen; man müsste also öfter, als dies thatsächlich der Fall, endständigen Lufträumen begegnen.

Übrigens ist es nicht allein der Widerstand der Membranen, welcher die Luftblasen zurückhält; auch die Zuspitzung der Tracheiden spielt dabei eine bedeutsame Rolle; sie hat die nothwendige Folge,

dass schon das einseitige Vorrücken einer Luftblase in das sich verengende Lumen der Spitze durch Capillarkräfte verhindert wird. Sobald nämlich das Wasser einer bestimmten Zelle sich am einen oder anderen Ende weiter in die Spitze zurückzieht oder in dieselbe zurückgedrängt wird, entwickelt die concave Grenzfläche des verschobenen Wassertropfens einen um so stärkeren capillaren Zug, je enger an der betreffenden Stelle das Lumen der Spitze. Das capillare Gleichgewicht ist folglich gestört; der kleiner gewordene Meniskus muss nothwendig dem mittleren Theil der Zelle sich wieder nähern, indem er Wasser aus den Nachbarzellen herüberzieht. Luft und Wasser werden sich überhaupt im Tracheidensystem stets so vertheilen, dass die nach unten concaven Menisken in ihrer Gesammtheit dieselbe Kraftsumme repräsentiren, wie die nach oben concaven, und dass überdies die entgegengesetzten Kräfte in jeder Querschnittsscheibe einander gleich sind.

Die Luftblasen spielen also im Tracheidensystem eine ganz andere Rolle als in der Jamin'schen Kette. Sie dehnen sich zwar in gleicher Weise aus, wenn der Saftabfluss an irgend einer Stelle grösser ist als der Zufluss; sie wirken auch hier wie dort activ auf die Wasserbewegung ein, wenn sie in Folge von Temperaturänderungen sich vergrössern oder verkleinern, — aber sie bewegen sich im einen wie im anderen Falle nicht von der Stelle.

Die Strömungsbahnen des wässerigen Zellsaftes bilden hiernach bei ausreichender Saftfülle ein ununterbrochenes Netzwerk, in welchem die Bewegung von unten nach oben die Reibungswiderstände der eingeschalteten Membranen und überdies den hydrostatischen Gegendruck des Saftes zu überwinden hat. Der letztere allein würde für die grössten zwischen Gipfel und Basis beobachteten Spannungsunterschiede der Luftblasen, die rund auf eine Atmosphaere zu veranschlagen sind, eine Steighöhe von 10^{m} ergeben. Von dieser Höhe muss jedoch wegen der offenbar sehr erheblichen Widerstände ein gewisser Bruchtheil abgezogen werden, dessen approximative Bestimmung nur auf experimentellem Wege möglich ist.[1]

Nun wissen wir bereits, dass diese Widerstände im Allgemeinen erheblich kleiner sind als in der Jamin'schen Kette, da ja der nämliche Wurzeldruck, welcher im Libriform der Baumstumpfe deutliches Bluten bewirkte, den Inhalt der Gefässe nicht zu bewegen vermochte. In diesem Punkte lieferten die Versuche an *Fagus*, *Betula* und *Carpinus*

[1] Vergl. hierüber A. Zimmermann, zur Kritik der Böhm-Hartig'schen Theorie der Wasserbewegung. Ber. d. Deutschen Bot. Ges. I, S. 183 (1883). Ferner von demselben Autor: zur Godlewski'schen Theorie der Wasserbewegung. Ebenda Bd. III, S. 290 (1885).

(am 22. bis 27. Juni angestellt) stets dasselbe Resultat. Wenn folglich die Bewegung, welche eine Spannungsdifferenz von einer Atmosphaere in der JAMIN'schen Kette hervorruft, gewöhnlich etwa 1 bis 2^m, seltener mehrere Meter weit reicht, so ist für das Libriform die Annahme einer etwas höheren Ziffer, vielleicht 5 bis 8^m, von vornherein gerechtfertigt. Es ist ferner in hohem Grade wahrscheinlich, dass der nämliche Druck in einem Libriform mit zahlreichen behöften Poren, also in eigentlichen Tracheiden, ceteris paribus eine ausgiebigere Bewegung bedingt, als in spärlich getüpfelten Holzzellen gewöhnlicher Art.

Bezüglich des Nachschubes von der Wurzel aus hat es übrigens kein praktisches Interesse, die Höhe, bis zu welcher ein Druck von einer Atmosphaere Bewegung im Libriform bewirkt, genauer zu bestimmen. Denn die Erfahrung lehrt ja, dass so grosse Druckkräfte während des Sommers gar nicht wirksam sind und dass die thatsächlich vorhandenen nur etwa bis Mannshöhe reichen. In dieser Höhe bluten die Hiebflächen der Baumstumpfe, auch wenn sie gegen Verdunstung geschützt sind, in der Regel nicht mehr, weder aus den Gefässen, noch aus dem Libriform.

Dagegen wäre es allerdings erwünscht, die Tragweite der von der Krone ausgehenden Saugung auch für die Extreme der Luftverdünnung, die hier vorkommen können, wenigstens annähernd zu kennen. Die zu lösende Aufgabe bleibt also immer dieselbe: es soll ermittelt werden, bis auf welche Entfernung der Überdruck einer Atmosphaere Bewegung im Libriform und zwar in der Richtung von unten nach oben zu bewirken vermag.

Die bisherigen Beobachtungen geben uns hierüber keinen Aufschluss. Filtrationsversuche mit Coniferenholz können ihn nicht geben, so lange die Vorfrage, ob das Wasser theilweise durch gefässartige Tracheidenreihen strömt, Zweifel gestattet. Und was das oft erwähnte Experiment von TH. HARTIG betrifft, wonach ein auf die obere Schnittfläche eines saftreichen Holzstückes gebrachter Wassertropfen das sofortige Hervortreten eines Tropfens an der unteren Schnittfläche bedingt, so beweist dasselbe nur, dass der Druck einer Wassersäule, welche von Schnittfläche zu Schnittfläche reicht, alle der Bewegung entgegen stehenden Hindernisse zu überwinden vermag. Das heisst mit anderen Worten und mit specieller Berücksichtigung der gestellten Aufgabe: In einem Holzstück von 10^m Länge, dessen Wassernetz, continuirlich gedacht, bei lothrechter Stellung eine volle Atmosphaere repraesentirt, sind die vorhandenen Filtrationswiderstände kleiner als eine Atmosphaere. Soviel wusste man aber schon zum Voraus. Denn wären die beiden Grössen einander gleich, so könnte die Luftverdünnung in zusammenhängenden Wasserfäden von mehr als 10^m Länge gar keine

Bewegung veranlassen, nicht einmal in horizontaler Richtung, — was doch offenbar nicht zutrifft. Der TH. HARTIG'sche Versuch lässt uns also vorläufig ebenfalls im Stich.

Aber vielleicht gelingt es, durch Wiederholung dieses Versuches unter verschiedenen Bedingungen weitere Anhaltspunkte zu gewinnen. Es ist zunächst leicht zu constatiren, dass saftreiche Aststücke beliebiger Laub- und Nadelhölzer stets dasselbe Resultat ergeben, auch wenn die Länge bis auf 2^m und darüber gesteigert wird, vorausgesetzt natürlich, dass die Lufttension im Libriform eine annähernd normale sei. Ist die Holzluft stark verdünnt, so wird begreiflicher Weise der oben aufgesetzte Tropfen sofort eingesogen, ohne ein Hervortreten von Wasser am unteren Ende zu veranlassen. Bringt man jedoch eine grössere Anzahl von Tropfen auf die obere Schnittfläche, so tritt an kürzeren Stücken, beispielsweise von 10 bis 20^{cm} Länge, die erwartete Wirkung zuletzt doch ein. Bei längeren Ästen genügt dagegen dieses Verfahren nicht, weil die vorhandenen Spannungsdifferenzen offenbar zu gering sind, um das Wasser im Libriform auf grössere Entfernungen hin in Bewegung zu setzen. Die Luftverdünnung kann alsdann nur durch längeres Liegenlassen im Wasser oder durch Anwendung von Druck beseitigt werden.

Prüfen wir zweitens die Grösse der Filtrationswiderstände etwas näher. Der Versuch ergiebt, dass ein saftreicher Spross von 1^m Länge schon bei einer Neigung von etwa $7°$ gegen die Horizontale an der tiefer stehenden Querschnittsfläche deutlich zu schwitzen beginnt, wonach also schon eine Wassersäule von etwa 12^{cm} das ganze 1^m lange Wassernetz zu verschieben im Stande ist. Ein 10^m langes Wassernetz würde demgemäss eine Druckhöhe von $1^m\!.2$ erfordern. Das ist also annähernd die Kraftgrösse, welche auf 10^m Länge durch die Reibung verloren geht. Ein voller Atmosphaerendruck vermöchte demnach das Wasser im Libriform, sofern dasselbe zusammenhängende Fäden bildet, $8^m\!.8$ hoch zu heben.[1]

Ganz anders stellen sich die Bedingungen der Hebung, wenn das Holzstück keine zusammenhängenden Wasserfäden enthält, wie es bei grösserer Ausdehnung der Lufträume wohl immer der Fall ist. Dann ist selbstverständlich die Bewegung des Wassers nur unter Ver-

[1] Andere Sprosse erheischten pro Meter einen erheblich stärkeren Druck, bis die in Rede stehende Verschiebung eintrat, ein frischer Ast von *Ginko biloba* z. B. etwa 28^{cm} Wasser. Die Hebungshöhe für einen vollen Atmosphaerendruck würde in solchen Fällen entsprechend geringer, für *Ginko* z. B. auf $7^m\!.2$ zu veranschlagen sein. Derselbe Ginkospross ergab jedoch nach zweitägigem Liegen im Wasser pro Meter wiederum die im Texte mitgetheilte Ziffer von 10 bis 12^{cm} Wasserdruck als Bedingung für das Schwitzen der unteren Schnittfläche.

drängung der überall im Wege stehenden Luft möglich, welche bekanntlich durch feuchte Membranen äusserst langsam entweicht. Der Widerstand ist daher unter solchen Umständen sehr viel grösser, und darin liegt, wie ich glaube, eine vollständig ausreichende Erklärung jener auffallenden, schon von Th. Hartig beobachteten Ungleichheit des Manometerstandes an nahe liegenden Punkten, — eine Erscheinung, die man bei allen derartigen Versuchen immer wieder beobachtet. Jede locale Saugung oder Pressung pflanzt sich eben nur in denjenigen Partien des Holzes weiter fort, in welchen die Continuität der Wasserfäden nicht unterbrochen ist.

Wie wenig in der Regel das im frischen Holze enthaltene Wasser auf einen einseitigen Druck reagirt, lehrt unter Anderem auch der folgende, Ende Mai ausgeführte Versuch. Eine mit Wasser gefüllte Röhre, welche mittels der unten beschriebenen Metallspitze luftdicht in einen Kiefernstamm eingesetzt war, wurde einem Drucke von 600^{mm} Quecksilber unterworfen. Trotz dieses ansehnlichen Druckes nahm das Holz innerhalb einer Stunde nur etwa 4 bis 6^{cbcm} Wasser auf, und die in der Nähe angebrachten Manometer zeigten keine Veränderung. — Ähnliche Ergebnisse lieferten auch Versuche an einem Eichenstamm, sowie einige andere, bei einem Druck von 1^{m} Wasser angestellte, an Buchen und Hagebuchen.

Es ist, wie mir scheint, ohne Weiteres klar, dass solche Erscheinungen an lebenden Bäumen nicht etwa durch Vertrocknen der Membranen oder speciell der Schliesshäute in den Hoftüpfeln erklärt werden können.

Noch ein anderes, wiederholt beobachtetes Vorkommniss erklärt sich durch das Vorhandensein von Luftunterbrechungen im Wassernetz. Offene Manometerröhren, welche in gleicher Weise luftdicht in den Holzkörper eingesetzt waren, zeigten zuerst weder Saugen noch Bluten an; das Wasser in der Röhre blieb vollständig unbeweglich. Wurde nun aber mittels Quecksilberdruck etwas Flüssigkeit in den Baum hineingepresst, so fing das Holz plötzlich zu saugen an, und dieses Saugen dauerte nach dem Aufhören des Druckes noch längere Zeit fort. Offenbar war in diesem Falle ein kleines Stück des Wassernetzes ursprünglich nach allen Seiten durch Luft isolirt. An irgend einer Stelle wurde sodann durch Druck die Verbindung mit der Nachbarschaft wieder hergestellt und da hier eine schwache Luftverdünnung herrschte, so trat nun eine langsame Ausgleichung, also Saugen ein.

Dass der steigende Luftgehalt die Beweglichkeit des Wassers im Libriform beeinträchtigt, lässt sich übrigens auch im Laboratorium leicht nachweisen, vielleicht am besten an quer aus dem Holze ge-

bohrten Zapfen. Ist nämlich das Libriform sehr saftreich oder sogar ganz mit wässerigem Inhalt erfüllt, so kann auch in der Längsrichtung des Zapfens, also quer zur Faserrichtung, leicht Wasser durchgepresst werden. Bei einem Weidenholzzapfen von 5^{mm} Länge genügt z. B. der Druck einer Wassersäule von etwa 10^{cm} auf die eine Endfläche, um die andere sofort zum Schwitzen zu bringen. Lässt man dagegen die Endflächen durch Liegenlassen des Zapfens langsam austrocknen, wobei Luft in die Libriformzellen eindringt, so hat selbst ein viel stärkerer Druck kein Schwitzen zur Folge.

Ebensowenig lässt sich bei mässigem Druck Wasser durch einen der Länge nach herausgeschnittenen Zapfen von Fichtenholz pressen, wenn derselbe vorher lufttrocken gemacht und dann wieder in einer mit Wasserdampf gesättigten Atmosphaere liegen gelassen wird. Die Luft kann alsdann durch die feuchten Membranen nicht entweichen (d. h. nur sehr langsam), das Wasser also auch nicht nachrücken. Nur wenn im Zapfen gefässähnliche Tracheidenstränge vorhanden sind, die sich von einer Endfläche zur anderen erstrecken, steht natürlich dem Austritt der Luft durch diese Stränge kein Hinderniss entgegen. Bei den zur Untersuchung benutzten, etwa 10^{cm} langen Holzstücken traf jedoch diese Bedingung nicht zu; es ging weder Luft noch Wasser durch. Die fraglichen Stränge scheinen überhaupt im Fichtenholz stets nur eine beschränkte Längenausdehnung zu besitzen.

Wird dagegen ein lufttrockener Zapfen unter Anwendung starken Druckes wieder mit Wasser gefüllt, so erweist sich die aufgenommene Wassermasse nach wie vor beweglich. Ein Tropfen, den man auf die obere Endfläche aufsetzt, bewirkt sofort deutliches Hervorquellen von Wasser auf der unteren Fläche; auch genügt jetzt schon ein geringer Druck, um in kurzer Zeit erhebliche Wassermengen durch den Pfropf hindurchzupressen.

Sobald wir es also mit zusammenhängenden, wenn auch von Zellwänden durchsetzten Wasserfäden zu thun haben, sind dieselben nach jeder beliebigen Richtung des Raumes beweglich; nur ist der zu überwindende Widerstand selbstredend in der Querrichtung viel grösser als in der Längsrichtung, weil in jener auch sehr viel mehr Wände auf die Längeneinheit kommen. Die Durchlässigkeit der Membran für Wasser steht aber auch für die Querrichtung ausser allem Zweifel.

Nach den bisherigen Erfahrungen enthalten jedoch die Stämme der meisten höheren Bäume während der Sommermonate keine zusammenhängenden Wasserfäden. So z. B. bei *Pinus*, *Picea*, *Quercus*, *Betula*, *Alnus*. Hier lässt sich daher der TH. HARTIG'sche Versuch an längeren Stücken aus frischem Stammholz (ohne vorher gegangene künstliche Vermehrung des Wasservorrathes)

nicht ausführen. Dagegen gelingt dies zuweilen bei *Fagus*[1] und *Sorbus*, die sich beide durch grössere Saftfülle auszeichnen. Die erstgenannten Beispiele genügen indess vollständig um zu beweisen, dass die Continuität der Wasserfäden nicht zu den Bedingungen des Saftsteigens gehört.

In diesem Punkte kann ich also der Ansicht R. Hartig's, welcher stets »eine zusammenhängende Wasserschicht, die nur durch Schliesshäute von einander getrennt wird«, als zweifellos vorhanden annimmt[2], nicht beipflichten. Aus dem Wassergehalt der Hohlräume lässt sich ein solcher Zusammenhang auch nicht mit Sicherheit folgern; denn ein Blick auf die schematische Fig. 2, in welcher die schattirten Partieen Wasser, die weiss gelassenen Luft darstellen, lehrt ohne Weiteres, dass hier trotz eines Wassergehaltes von 65.3 Procent continuirliche Wasserfäden nur in der Ausdehnung der eingezeichneten Linien vorhanden sind. (Die Berührung der schattirten Rechtecke in den Eckpunkten darf nicht als Zusammenhang gedeutet werden.)

Fig. 2.

Im Anschlusse an diese Erörterungen will ich übrigens nicht unerwähnt lassen, dass der Th. Hartig'sche Versuch, von dem wir ausgegangen, schon verschiedene Deutungen erfahren hat. Th. Hartig[3] selbst sieht in dem Vorgange eine Umkehrung des Saftstromes und meint, es sei »wohl nicht entfernt daran zu denken, dass es wirklich Schwerkraft ist, die obige Erscheinung veranlasst.« Weiterhin sagt er darüber: »Für die merkwürdige Veränderung des Saftstromes durch Veränderung in der Stellung des Triebes finde ich keine, selbst keine hypothetische Erklärung.« Nach Sachs[4] zeigt der Versuch deutlich, »dass auch die kleinsten Druckdifferenzen ausgeglichen werden.« Ebenso sieht R. Hartig[5] darin einen schlagenden Beweis, »dass schon ein äusserst geringer einseitiger Druck im Stande ist, die Filtration des Wassers auf weite Strecken hin zu veranlassen.«

[1] Nach Beobachtungen von Dr. Krabbe zeigte eine hochschäftige junge Buche von etwa 40' Höhe um Mitte Juni (nach etwas regnerischer Witterung) einen so grossen Saftreichthum, dass das Th. Hartig'sche Experiment an frischem Stammholz (1^m lang und darüber) bis zu einer Höhe von 20—30' sofort gelang.

[2] Untersuchungen aus dem forstbotanischen Institut zu München, III S. 76.

[3] Bot. Zeit. 1853, S. 311.

[4] Arb. d. bot. Inst. in Würzburg, II, S. 296 (1879).

[5] Die Gasdrucktheorie, S. 11 (1883).

Mit dieser Deutung erklärt sich auch SCHEIT[1] einverstanden, ebenso ELFVING[2] in seiner Schrift über den Transpirationsstrom. Dagegen vertritt GODLEWSKI[3] eine mit der meinigen übereinstimmende Ansicht, indem er sagt: »Meiner Meinung nach beweist dieses Experiment nur, dass die Summe der Filtrationswiderstände sämmtlicher zu passirender Tüpfelwände geringer ist, als der Druck einer der Länge des zum Experiment benutzten Sprossstückes gleich hohen Wassersäule.« Diesem Satze stimmt auch J. VESQUE[4] bei.

Über die factische Tragweite der durch Verdunstung bewirkten Saugung gewähren die am lebenden Baum in verschiedenen Höhen vorgenommenen Manometerversuche[5] einige beachtenswerthe Fingerzeige, obschon dieselben zunächst bloss den Zweck hatten, Bluten oder Saugen zu constatiren. So ergab z. B. eine am 22. Juni dicht über dem Boden abgesägte und aufrecht gestellte Birke, deren Stamm etwa 10^{cm} Durchmesser hatte, für die oberen Theile desselben schon am 24. Juni deutliches Saugen, das mit zunehmender Höhe etwas intensiver wurde, während die untersten, etwa 20 bis 40^{cm} von der Schnittfläche angebrachten Manometer fast keine Veränderung zeigten. Leider wurde die Schafthöhe bis zur Krone nicht notirt; es geht aber schon aus der Dicke des Stammes hervor, dass der Wasserverbrauch und die dadurch bewirkte Luftverdünnung nicht über 3 bis 4^{m} nach unten fortgeschritten war.

[1] Jenaische Zeitschr. f. Naturw. Bd. XIX, S. 6 des Sonderabdr.
[2] Act. Soc. Fenn. T. XIV, S. 12 des Sonderabdr. (1884).
[3] PRINGSHEIM's Jahrb. XV, S. 589 (1884).
[4] Ann. agronom. t. XI, p. 489 (1885).
[5] Für die hierbei benutzten Manometer hatte ich ursprünglich dolchartige Metallfassungen anfertigen lassen, welche der Länge nach bis in die Nähe der Spitze durchbohrt und nach den beiden Seiten mit drei bis fünf quer durchgehenden Öffnungen versehen waren. Diese Metallspitzen konnten ohne Vorbohrung in den Holzkörper hineingedrückt werden, womit der Vortheil verknüpft war, den Zutritt der Luft zu den Tracheiden gänzlich auszuschliessen. Nachdem sich jedoch herausgestellt, dass ein so vollständiger Luftabschluss während der Einführung des Instrumentes zwecklos war, wandte ich später vorzugsweise pfriemenförmige Metallspitzen an, die sich zum Einzwängen in ein frisch gemachtes Bohrloch eigneten. Dieselben waren übrigens in gleicher Weise längs durchbohrt und an der Aussenfläche mit zwei bis drei Reihen von Öffnungen versehen, durch welche der Saft vom Baum aus eintreten oder Wasser in den Holzkörper übergehen konnte. Beide Formen der Metallspitzen waren mit etwa 15^{cm} langen und 2 bis 3^{mm} weiten Glasröhren in Verbindung, deren freies Ende man nach Gutfinden offen lassen oder aber luftdicht verschliessen konnte. Das Instrument mit sammt der Metallspitze wurde immer zuerst mit Wasser gefüllt, dann in den Baum hineingetrieben und eventuell mittels Lack und Glasstöpsel verschlossen. Eine solche Manometerspitze ist in Fig. 3 S. 584 in natürlicher Grösse dargestellt.

Ebenso war am 7. Juni bei einer jungen Eiche von etwa 16cm Stammdurchmesser innerhalb der Krone lebhaftes Saugen zu beobachten (eine mit Wasser gefüllte offene Manometerröhre wurde in fünfzehn Minuten leer gesogen), während ein in mittlerer Höhe (noch über dem untersten Ast) angebrachtes Manometer zwar gleichsinnig, aber sehr schwach reagirte und ein zunächst der Basis befindliches gar keine Veränderung zeigte. Die Saugwirkung, welche bei der warmen Witterung jenes Tages (und der vorhergehenden) sich rasch gesteigert haben muss, war also kaum über die Mitte des noch jungen Stammes fortgeschritten. Sie dauerte aber am anderen Tage noch fort, obschon es die ganze Nacht hindurch geregnet hatte. Erst nach zwei bis drei weiteren, kalten und regnerischen Tagen, nämlich am 10. und 11. Juni, trat in das mittlere Manometer Luft aus dem Baume ein, das Wasser vor sich her drängend, während unten am Stamme und oben in der Krone weder Saugen noch Bluten zu bemerken war. Jetzt hatte also Wasserzufuhr von unten her stattgefunden; dadurch wurde aber nicht bloss das Saugen sistirt, sondern auch eine locale Compression der Luft herbeigeführt, was auf osmotische Vorgänge schliessen lässt.

Fig. 3.

Aus diesen langsamen Änderungen im Verhalten der Manometer, sowie aus anderen übereinstimmenden Beobachtungen muss überdies gefolgert werden, dass die Wasserbewegung in den Stämmen unserer Bäume (mit und ohne Gefässe) nur sehr langsam von statten geht. Geschwindigkeiten, wie sie Sachs[1] für verschiedene Topfpflanzen fand (bis zu 1m pro Stunde), kommen offenbar nicht vor. Soweit der normale Wassergehalt des frischen Holzes und die freilich nur annähernd bekannten Verdunstungsmengen pro Sommertag eine Schätzung gestatten, kann sogar die mittlere Geschwindigkeit nur auf etwa 3 bis 5m pro Tag veranschlagt werden.

Ich stütze mich hierbei auf Berechnungen wie die folgende. Eine 115jährige Buche von 16m Schaftlänge und einem mittleren Durchmesser von 40cm verdunstet nach von Höhnel[2] vom 1. Juni bis zum 30. November etwa 9000kg Wasser, also durchschnittlich 50kg pro Tag. Das Volumen dieses Buchenschaftes berechnet sich auf $20^2\pi \cdot 1600$ oder rund zwei Millionen Cubikcentimeter. Nimmt nun das flüssige Wasser im Holze etwa ein Fünftel dieses Volumens ein, so sind das 400kg Wasser. Die tägliche Verdunstungsgrösse beträgt alsdann ein Achtel des Gesammtvorrathes, setzt also im Schaft einen Nachschub

[1] Arbeiten d. bot. Inst. in Würzburg. Bd. II.

[2] Wollny's Forsch. auf d. Gebiete d. Agriculturphysik. Bd. II. S. 416.

von 2^m voraus. Es ist indess wahrscheinlich, dass dieser Werth unter Umständen, zumal im peripherischen Theil des Schaftes, auf das Doppelte und Dreifache steigt.

Welche Factoren die Geschwindigkeit des Saftsteigens in erster Linie beeinflussen, kann nach dem Gesagten kaum noch zweifelhaft sein. Es versteht sich ganz von selbst, dass die Grösse der Druckdifferenzen im Holze hierbei eine hervorragende Rolle spielt. Die besondere Vorstellung jedoch, welche R. HARTIG und RUSSOW bezüglich der Wirkung eines einseitigen Druckes auf die Schliesshaut der Tüpfel vertreten, erscheint mir wenig plausibel. Jedenfalls ist die Annahme, dass der Margo jener Haut erst bei einem erheblichen Überdruck für Wasser durchlässig werde, in klarem Widerspruch mit dem TH. HARTIG-schen Versuch, der uns gezeigt hat, dass schon eine Wassersäule von 10 bis 12^{cm} die sämmtlichen Filtrationswiderstände eines meterlangen Holzstückes zu überwinden vermag. Für eine Längsreihe von wasserführenden Tracheiden ergiebt sich demnach pro Filterwand ein so geringer Überdruck (etwa 0.00001 einer Atmosphaere),[1] dass an eine nennenswerthe Dehnung des Margo als Folge desselben nicht gedacht werden kann. Andererseits ist sicher, dass Wasser auch bei hohem Druck (drei bis vier Atmosphaeren) leicht durch Holzpfropfen gepresst werden kann und zwar in Quantitäten, welche der Druckhöhe proportional bleiben. Wenn folglich der Torus sich hierbei an den Porenkanal anlegt, was ich dahingestellt lasse, so wird dadurch ein Verschluss für Wasser jedenfalls nicht zu Stande gebracht.

Zum Schlusse sei hier noch auf die mannigfachen anatomischen Verschiedenheiten hingewiesen, welche die Beweglichkeit des Wassers im Tracheidensystem (und Libriform) beeinflussen. Vor Allem ist es ausser der Wanddicke im Allgemeinen die Zahl und Grösse der Poren oder, genauer ausgedrückt, der Flächeninhalt der zarten Schliesshäute, welcher bei der Filtration von Zelle zu Zelle vorzugsweise in Betracht kommt. Und zwar stehen sich in dieser Hinsicht zwei bekannte Extreme gegenüber: auf der einen Seite die typischen Tracheiden der Coniferen, Wintereen, Dracaenen u. s. w., welche für die Wasserleitung offenbar vortrefflich angepasst sind; auf der anderen Seite die

[1] R. HARTIG berechnet die mittlere Druckdifferenz zwischen benachbarten Tracheiden, welche aber nach ihm genügen soll, um Filtration zu bewirken, zu 0.000003 Atmosphaeren (Unters. aus d. forstbot. Inst. zu München. III. S. 78). In der »Gasdrucktheorie« wird dagegen diese Differenz (auf Grund anderer Voraussetzungen) zu 0.00004 Atmosphaeren angegeben (S. 12).

dickwandigen Libriformzellen (Stereiden) mit spärlichen unbehöften Poren, — eine Grenzform, die augenscheinlich vorwiegend mechanischen Zwecken dient, deren etwaige Betheiligung an der Wasserleitung wir demgemäss sehr niedrig zu veranschlagen haben. Zwischen diesen beiden Extremen liegen die zahlreichen Übergänge, die ich hier wohl als bekannt voraussetzen darf.

Wenn es aber richtig ist, dass von den Prosenchymzellen des Holzes nur die eigentlichen Tracheiden, d. h. die hofgetüpfelten Zellen als wasserleitende Organe bester Qualität zu bezeichnen sind, so gewährt es für die anatomisch-physiologische Betrachtung einiges Interesse, das Fehlen oder Vorkommen solcher Zellformen für eine grössere Zahl von Dicotylenfamilien nachzuweisen. Eine gedrängte Zusammenstellung diesbezüglicher Untersuchungen, welche in meinem Institut von E. L. Gregory ausgeführt wurden, mag daher an dieser Stelle gestattet sein.[1] Dabei bemerke ich, dass die dünnwandigen, gefässähnlichen Tracheiden, welche also nicht zugleich specifisch mechanische Elemente sind, in den folgenden Gruppen keine Berücksichtigung finden.

1. Bei einer ziemlichen Anzahl von Familien zeigen die untersuchten Repraesentanten keine anderen mechanischen Elemente, als mehr oder weniger dickwandige Libriformzellen mit behöften Poren. Diese Familien (oder Unterfamilien) sind:

Apocyneen, Asclepiadeen, Corneen, Dipsaceen, Dryadeen, Empetreen, Epacrideen, Ericaceen, Globularieen, Hypopityaceen, Magnoliaceen, Plataneen, Pomaceen, Proteaceen, Rhodoraceen, Roseen, Salpiglossideen, Staphyleaceen, Styraceen.

2. Eine kleine Gruppe von Familien und Subfamilien besitzt ausser den Libriformzellen (Stereiden) mit behöften Poren auch solche mit spärlichen unbehöften. Dahin gehören die

Amygdaleen, Campanulaceen, Celastrineen, Fagaceen (*Eufagus*), Myrtaceen, Sapotaceen, sowie die Gattung *Spiraea*.

3. Eine grosse Zahl von Familien ist durch homogenes Libriform (Stereom) mit spärlichen unbehöften Tüpfeln ausgezeichnet. Dahin gehören die

Acanthaceen, Acerineen, Anonaceen, Araliaceen, Asperifolien, Berberideen, Betulaceen, Bignoniaceen, Compositen, Corylaceen, Ebenaceen, Euphorbiaceen, Juglandeen, Labiaten, Laurineen, Lobeliaceen, Meliaceen, Moreen, Myrsineen, Papi-

[1] Die ausführliche Darlegung dieser Untersuchungen (in englischer Sprache) steht bevor. — Inzwischen ist die umfassende Arbeit von Solereder (Über den systematischen Werth der Holzstructur bei den Dicotyledonen, München 1885) erschienen, in welcher auf das Verhalten der Tüpfel ebenfalls Rücksicht genommen ist.

lionaceen, Plumbagineen, Polemoniaceen, Primulaceen, Rhamneen, Rutaceen, Salicineen, Scrophulariaceen, Solaneen, Therebinthaceen, Ulmaceen, Umbelliferen, Valerianeen, Verbenaceen, Vitaceen.

4. Bei einigen Familien verhalten sich die verschiedenen Gattungen ungleich, indem die einen nur Libriform mit behöften, die anderen nur solches mit unbehöften Poren aufweisen. Diese Familien sind:

Caprifoliaceen, Oleaceen, Ranunculaceen, Saxifrageen, Tiliaceen, Zygophylleen.

Behöfte Poren finden sich z. B. in der Familie der Caprifoliaceen bei *Viburnum* und *Symphoricarpus*, unbehöfte bei *Sambucus*; ebenso zeigt unter den Gattungen der Oleaceen *Syringa* behöfte, *Ligustrum* und *Fraxinus* dagegen unbehöfte Poren.

Wie in zweifelhaften Fällen der Begriff »Tüpfelhof« abzugrenzen sei, mag hier unerörtert bleiben; ich bemerke bloss, dass kleine rundliche oder trichterförmige Erweiterungen, wie sie gelegentlich auch bei Stein- und Bastzellen vorkommen, in vorstehender Zusammenstellung nicht als hierher gehörige Bildungen aufgefasst sind.

Diese Verschiedenheiten in der Zahl und Ausbildung der Tüpfel dürfen indess keineswegs so gedeutet werden, als ob das physiologische Verhalten der Zellwand stets in augenfälliger Weise davon abhängig sei. Eine solche Abhängigkeit ist im Gegentheil nur unter übrigens gleichen Umständen und selbst dann nur bei Versuchsstücken mit ausgeprägt verschiedener Tüpfelung nachweisbar. Die Poren sind überhaupt nicht die einzige Bedingung für die Wegsamkeit der Membranen; Wanddicke, Beschaffenheit der Mittellamelle u. s. w. spielen dabei eine vielleicht ebenso wichtige Rolle. So ist z. B. das Weidenholz trotz der spärlichen unbehöften Poren auch in der Querrichtung (oder nach Verstopfung der Gefässe mit Cacaobutter) in hohem Grade durchlässig, weil das Libriform hier dünnwandig ist. Andererseits steht ausser Zweifel, dass im Coniferenholz die grössere Beweglichkeit des Wassers sich nach der Lage der behöften Poren richtet, obschon die Wanddicke der Tracheiden eine allseitig gleichmässige ist. Aber viel weiter als bis zu diesen leicht constatirbaren Unterschieden reichen die bisherigen experimentellen Erfahrungen nicht. Nach dieser Seite ist demnach die anatomisch-physiologische Kenntniss des Holzes noch keineswegs abgeschlossen.

IV. Kritische Bemerkungen.

Das in vorstehenden Mittheilungen enthaltene Resultat, wonach die Saugung der Krone im Verein mit dem Wurzeldruck und den in Gefässen und Tracheiden wirksamen physikalischen Kräften nicht ausreicht, um das Saftsteigen in höheren Bäumen zu erklären, stimmt im Wesentlichen mit der schon 1867 im »Mikroskop« aufgestellten Ansicht überein[1]. Die daselbst beschriebenen Versuche und die daran geknüpften Erwägungen führten ebenfalls zu der unabweislichen Folgerung, dass ausser den eben genannten »noch andere Kräfte wirksam sein müssen, welche den Rest der zu verrichtenden Arbeit übernehmen.« Es blieb auch »nichts anderes übrig, als dieselben auf zahlreiche, nahe liegende Punkte zu vertheilen«, da eine Concentration dieser Kräfte in grösseren Abständen von einander Spannungen herbeiführen müsste, welche thatsächlich nicht vorhanden sind.

Gegen diese Darstellung sind in neuerer Zeit mancherlei Einwände erhoben worden, welche zum Theil die physikalischen Grundlagen betreffen, auf die auch meine heutige Ansicht sich stützt. Ich benutze daher diesen Anlass, um die wichtigeren Fragen, welche Gegenstand der Kritik gewesen sind, hier nochmals zu besprechen. Dabei mag es gestattet sein, die Differenzpunkte nach den Kräften zu gruppiren, welche beim Saftsteigen wirksam sind oder angeblich wirksam sein sollen.

1. Capillarität und Imbibition. Die Erscheinungen der Capillarität und der Imbibition haben offenbar einen gemeinsamen Zug, der im Einsaugen von Flüssigkeit in die feinen Kanäle oder Kanalsysteme einer festen Substanz zum Ausdruck kommt[2]. Sind diese Kanäle von blossem Auge oder doch mit Hülfe des Mikroskops zu erkennen, so hat man es mit Capillaren im gewöhnlichen Sinne zu thun. Man darf jedoch nicht vergessen, dass die Capillaritätsgesetze, wonach die Steighöhe des eingesogenen Wassers im umgekehrten Verhältniss zum Durchmesser steht, zunächst nur für die grösseren, einer genauen Messung zugänglichen Räume Geltung haben; für die kleineren, beispielsweise unter 1 Mik. Durchmesser, ist eine Prüfung nach dieser Richtung ausgeschlossen. Man weiss in solchen Fällen nur noch, dass die Capillarkraft eine sehr beträchtliche Höhe erreicht (5 bis 6 Atmosphaeren), aber das arithmetische Verhältniss derselben zur Grösse der Zwischenräume ist unbestimmbar. Dasselbe gilt natürlich auch von solchen Capillaren, welche nicht bloss un-

[1] Nägeli und Schwendener, das Mikroskop, 1. Aufl. S. 382 ff. 2. Aufl. S. 378 ff.

[2] Selbstverständlich ist hier bloss von Flüssigkeiten, welche die Substanz benetzen, die Rede.

messbar, sondern unsichtbar klein sind; es gilt daher auch für die Micellarinterstitien der Zellmembran.

Ob das Eindringen von Wasser zwischen die festen Theile der Substanz mit einer Volumveränderung des ganzen Gerüstes, sei es nun Expansion oder Contraction, verbunden sei oder nicht, ist für die Auffassung der Erscheinungen irrelevant. Wesentlich ist nur, dass die Substanz des Gerüstes sich im festen Aggregatzustand befinde, weil ohne diese Bedingung die Bezeichnung Capillare oder Capillarsystem ihre Berechtigung verliert. Der feste Aggregatzustand schliesst aber keineswegs aus, dass die einzelnen Theile des Gerüstes dehnbar und darum auch mehr oder weniger verschiebbar gedacht werden können. Zwei parallele, frei herabhängende Glasplatten, welche beispielsweise bis zu einem Abstand von $0^{mm}.5$ genähert und hierauf mit dem unteren Rande in Wasser getaucht werden, stellen unzweifelhaft einen Apparat zur Beobachtung von Capillaritätserscheinungen dar; aber in dem Augenblick, in welchem dieselben die Oberfläche des Wassers berühren und das letztere im Zwischenraum empor zu steigen beginnt, nähern sich die beiden Platten um eine messbare Grösse. Aus demselben Grunde müsste sich eine Capillarröhre, sofern nur die Wandsubstanz die nöthige Nachgiebigkeit besitzt, unter dem Einfluss der darin aufsteigenden Wassersäule verengern. Theoretisch betrachtet thut dies auch eine beliebige Glasröhre; nur ist hier die Verengerung viel zu klein, um gesehen zu werden.

Die Starrheit und Unverschiebbarkeit der Wände gehört also keineswegs zu den wesentlichen Eigenschaften eines Capillarsystems. Im Gegentheil müsste eigentlich jedes derartige System, dessen Gebälke die Wirkung der mit den concaven Menisken zusammenhängenden Druckverminderung zu tragen hat, eine entsprechende Verengerung seiner Kanäle und folglich eine Verkleinerung des Gesammtvolumens zeigen. Fraglich ist nur, ob diese Verkleinerung die Grenzen der Wahrnehmbarkeit erreicht.

Wählt man zur Prüfung dieser Frage beispielsweise einen Satz von etwa fünfzig Deckgläschen, zwischen die man von den Randflächen aus, durch Befeuchten der letzteren mit einem nassen Pinsel, Wasser eintreten lässt, so kann die Verkürzung des ganzen Satzes in Folge der Wasseraufnahme direct beobachtet werden. Sie betrug z. B. bei einem Versuche mit Deckgläschen = $0^{mm}.4$, was für den einzelnen Zwischenraum 8 Mik. ausmacht. Hierbei kommt jedoch die Unebenheit der Flächen und wohl auch die Biegungsfähigkeit der Plättchen mit in Betracht. Gewöhnliche Objectträger, in ähnlicher Weise behandelt, ergaben eine erheblich geringere, aber doch deutliche Verkürzung, nämlich etwa 1 Mik. für den einzelnen Zwischenraum.

Das Eindringen der Flüssigkeit bedingt also unter den angedeuteten Verhältnissen, trotz des scheinbaren Contactes zwischen den übereinanderliegenden Platten, eine weitere Annäherung derselben um eine bestimmbare, zuweilen sogar recht erhebliche Grösse.

Lassen wir nun aber die capillaren Zwischenräume in Gedanken immer kleiner werden, bis endlich die Tragweite der bemerkbaren Anziehung zwischen fester Wandfläche und Wasser durchgehends grösser wird als der halbe Abstand der opponirten Wände, dann muss die Anziehung zwischen Substanz und Wasser, für sich allein betrachtet, ein Auseinanderdrängen dieser Wände und somit eine Volumvergrösserung herbeiführen, während die concaven Menisken nach wie vor auf eine Volumverminderung hinwirken. Es ist folglich im Verlaufe des Kleinerwerdens der Capillaren ein bestimmtes Grössenverhältniss denkbar, bei welchem die entgegengesetzten Einflüsse sich das Gleichgewicht halten, das Volumen also constant bleibt. Darüber hinaus erhält aber nothwendig die Anziehung zwischen Substanz und Wasser das Übergewicht, d. h. das Einsaugen von Wasser in die kleinen Zwischenräume ist von jetzt an mit Quellung verbunden.

Setzen wir mit Quincke[1] den Abstand, bis zu welchem die Anziehung der Wand in merklichem Grade auf die Wassermoleküle einwirkt, gleich 0.05 Mik., so ergiebt sich allerdings für die grössten capillaren Zwischenräume, welche noch einen Überschuss im Sinne der Quellung ergeben können, eine Dimension, welche die Grenzen mikroskopischer Wahrnehmbarkeit nicht mehr erreicht. Aber dessenungeachtet müssen diese Zwischenräume immer noch als »praeformirte« betrachtet werden, und erst wenn sie bis zum Verschwinden enger geworden sind, ist der Zustand gegeben, den man für die Micellarconstitution der trockenen Membran anzunehmen pflegt.

Ich lege auf diese, wie mir scheint unabweisbaren Folgerungen bloss deshalb Gewicht, weil sie den von anderen Autoren betonten Gegensatz zwischen Capillarität und Imbibition auf seine wahre Natur zurückführen. Man braucht sich über den inneren Bau der Membranen nicht einmal eine bestimmte Vorstellung zu machen, um die Wasseraufnahme in gröbliche Capillarräume ganz allmählich, durch alle nur denkbaren Abstufungen hindurch, zur Imbibition werden zu lassen. Wo soll unter solchen Umständen die Capillarität aufhören und die Imbibition beginnen? Soll etwa die Grenzlinie nach der Zu- oder Abnahme des Volumens, oder vielleicht nach dem Fehlen oder Vorhandensein praeformirter Kanälchen gezogen werden? Oder soll hierfür die mikroskopische Wahrnehmbarkeit der Kanälchen maassgebend

[1] Poggend. Ann. Bd. 137, S. 402.

sein? Das sind doch offenbar rein willkürliche Abgrenzungen, die auf keinen tieferen Gegensatz hinweisen.

Vergleicht man dagegen nach dem Vorgange von SACHS die Imbibitionserscheinungen mit der Auflösung von Salz in Wasser, so fehlt bei diesem letzteren Process das feste Gerüste, welches für die sämmtlichen hier in Frage kommenden Capillaritätserscheinungen mit Einschluss der Imbibition charakteristisch ist; gemeinsam bleibt also nur noch die Anziehung zwischen Substanz und Wasser, alles Übrige ist grundverschieden.

Aus dem Gesagten geht nun aber weiter hervor, dass auch die Beweglichkeit des Wassers in Capillarsystemen (und imbibirten Membranen) einem gemeinsamen Gesetze unterliegt. Wir müssen uns bekanntlich vorstellen, dass die Wassermolecüle, welche den Wänden eines Capillarraumes zunächst liegen, sich in einem unbeweglichen Zustande befinden. Bei der Strömung des Wassers durch solche Räume findet also nicht etwa Reibung zwischen ihm und der Wandsubstanz, sondern nur zwischen benachbarten Lagen von Wassermolekeln statt. Man weiss übrigens, dass das Eindringen von Flüssigkeit in feine Capillarsysteme, wie z. B. in Kreide und dergleichen, nur äusserst langsam von statten geht, sobald die Länge der Wassersäulen auf einige Centimeter gestiegen ist. Die Reibungswiderstände sind eben zu gross, um eine raschere Bewegung zu ermöglichen, und da sie mit der Capillarkraft steigen und fallen, so erreicht bei unmessbarer Kleinheit der Kanäle sowohl die bewegende Kraft, wie der zu überwindende Widerstand einen sehr hohen, wenn auch unbekannten Werth.

Es ist unter solchen Umständen schwer zu sagen, auf welche Weise jene ganz besondere Beweglichkeit, wie SACHS sie voraussetzt, in den imbibirten Membranen zu Stande kommen soll. Wenn sich Wasser an Wasser reibt, so kann doch der dadurch bedingte Widerstand bei abnehmender Grösse der Zwischenräume nicht mit einem Male wieder geringer werden; das ist nach meinem Dafürhalten geradezu unmöglich. Übrigens ist schon oft genug betont worden, dass diese angebliche Beweglichkeit weder direct beobachtet, noch aus irgend welchen feststehenden Thatsachen gefolgert werden kann.

Ähnlich verhält es sich mit jener Bewegung ganz anderer Art, welche J. VESQUE[1] durch Capillarkräfte zu Stande kommen lässt. Diesem Autor zufolge befindet sich zwischen der Wand einer Tracheide und den darin enthaltenen Luftblasen stets eine dünne Wasserschicht,

[1] Sur le prétendu rôle des tissus vivants dans l'ascension de la sève. Ann. agronomiques, t. XI, p. 481.

welche die damit alternirenden, scheinbar isolirten Wassertropfen unter einander verbindet. Wird nun einem dieser Tropfen von aussen her Wasser zugeführt, so fliesst ein Theil desselben durch die erwähnte dünne Schicht den benachbarten Tropfen zu. Dieser Vorgang wird namentlich für den Fall, dass nur die zugespitzten Enden der Tracheiden Wasser enthalten, während der ganze mittlere Theil mit Luft erfüllt ist, eingehend besprochen und durch Figuren veranschaulicht. Es heisst auf S. 484 der citirten Abhandlung wörtlich: »Non seulement le petit index d'eau maintenu dans la pointe supérieure d'une cellule ne pèse pas sur l'index de la pointe inférieure par l'intermédiaire de la mince couche d'eau qui revêt intérieurement les parois, mais si on faisait parvenir de l'eau dans la pointe inférieure, une partie de ce liquide glisserait en vertu de la capillarité le long des parois jusqu'à la pointe supérieure.« Durch die vorhandenen Unterschiede in der Spannung der Luftblasen soll nun wirklich Wasser in die unteren Enden beliebiger Tracheiden hineingepresst und die bezeichnete Gleitbewegung überall im Holzkörper veranlasst werden. Darin eben liegt nach Vesque die Erklärung des Saftsteigens.

Prüft man nun aber die Belege, welche die gleitende Bewegung des Wassers zwischen Tracheidenwand und Luftblase beweisen sollen, so erscheinen sie wenig befriedigend. Zunächst wird ein kleines Experiment beschrieben, das sich leicht wiederholen lässt (l. c. pag. 487): »Sur une lame de verre bien dégraissée à l'alcool, je trace à l'aide d'une plume à écrire, chargée d'eau légèrement teintée d'encre, si l'on veut, un trait de 2 à 3 millimètres de long; je lève ensuite la lame de manière à donner au trait une position verticale. L'évaporation ne tardera pas à diminuer la petite masse d'eau; si, en ce moment, je touche l'extrémité inférieure du trait avec la plume toujours chargée du même liquide, je vois subitement une partie de ce liquide monter jusqu'à l'extrémité supérieure du trait.« In derselben Weise soll sich nun auch das Wasser zwischen Tracheidenwand und Luftblase bewegen, weil ja die erforderliche dünne Flüssigkeitsschicht hier ebenfalls vorhanden sei.

Woher weiss nun aber der Experimentator, dass in dem Augenblicke, wo er die Feder zum zweiten Mal ansetzt, der gezogene Strich sich in einem Zustande befindet, welcher eine Vergleichung mit der unmessbar dünnen Wasserschicht zwischen Tracheidenwand und Luftblase überhaupt gestattet? Es ist doch von vornherein wahrscheinlich, dass der beschriebene Versuch bloss die bekannte, durch Tropfenspannung bedingte Erscheinung veranschaulicht, die man eben so gut an erheblich grösseren Flüssigkeitsmengen, etwa von der Gestalt eines Cylindersegmentes, beobachten kann. Jedenfalls findet in wirklichen

Capillarröhren, welche in der Mitte Luft und in den ausgezogenen Enden Wasser enthalten, ein solches Überfliessen von Meniskus zu Meniskus niemals statt, auch wenn die Wasserzufuhr in das eine oder andere Ende ohne Einschränkung gesichert ist. Man kann sich hiervon leicht überzeugen, indem man tracheidenähnliche Röhren aus Glas zunächst mittels Durchsaugen von Wasser benetzt und dann in der angegebenen Weise füllt (so dass die Enden Wasser, die Mitte Luft führt). Schliesst man jetzt das eine Ende mit einem Wachskügelchen ab und taucht hierauf das andere offene Ende mehr oder weniger tief in Wasser, wobei das letztere einen gewissen hydrostatischen Überdruck auf die Capillarröhre ausübt, so bleibt die Lage des oberen Meniskus auch bei längerer Dauer des Versuchs vollkommen unverändert; es findet also kein Zufliessen von unten her statt. Ja nicht einmal eine Diffusionsbewegung kommt in der fraglichen Flüssigkeitsschicht zwischen Luft und Glaswand zu Stande; denn färbt man z. B. die untere Wassersäule mit Eosin, so diffundirt keine Spur davon in die obere hinauf.

Eine Bewegung, wie sie VESQUE voraussetzt, ist auch meines Wissens in den Schriften der Physiker, die sich mit Capillaritätserscheinungen beschäftigt haben, niemals constatirt oder auch nur hypothetisch gelehrt worden. Und was die einschlägige (wohl nur auf ungenügender Orientirung beruhende) mündliche Mittheilung QUINCKE's betrifft, von welcher SACHS in der vierten Auflage seines Lehrbuches (S. 653) spricht, so wird die hierauf basirte Vermuthung, sowie die Capillartheorie überhaupt, von SACHS selbst in den »Vorlesungen über Pflanzenphysiologie« (S. 284) definitiv aufgegeben.

Die weiteren Versuche, welche VESQUE zu Gunsten seiner Auffassung ins Feld führt (a. a. O. S. 487), beweisen bloss, dass das Wasser in Tracheiden, welche durch Austrocknen luftleer geworden, mit grosser Geschwindigkeit eindringt. Die Capillarität ist bei dieser Erscheinung unbetheiligt.

Unter diesen Umständen bedarf die Vertheidigung, welche VESQUE der R. HARTIG'schen Vorstellung widmet, wonach die Hebung der Wassertheilchen innerhalb der Tracheiden ebenfalls durch Capillarkraft geschieht, keiner besonderen Beleuchtung. Denn da beide Vorstellungen gleich unhaltbar, so ist es ein vergebliches Beginnen, die eine durch die andere stützen zu wollen.[1]

2. Gleichgewicht zwischen Verdunstung und capillarem Wassernachschub. Über diesen Punkt finden sich im »Mikroskop«

[1] Vergl. betreffend die R. HARTIG'sche Darstellung GODLEWSKI's Kritik in PRINGSHEIM's Jahrb. XV, S. 583.

eingehende Erörterungen, welche mit folgendem Satze abschliessen:[1] »Die Capillarität ist also nicht im Stande, ein System von capillaren Räumen, welche nach oben in eine verdunstende Fläche ausmünden, auch nur bis auf einige Fuss über das Niveau des umgebenden Wassers hinauf im gefüllten Zustande zu erhalten«. Gegen die Richtigkeit dieses Satzes sind nun ausser den Einwänden, welche implicite schon in den Ansichten von R. Hartig und Vesque enthalten sind, noch Bedenken anderer Art erhoben worden, welche die Beweiskraft der von uns angestellten Versuche betreffen. So sagt z. B. Pfeffer:[2] »Wenn Nägeli und Schwendener Imbibition und osmotische Wirkung für unzureichend halten, um die genügende Menge Wasser in eine Pflanze zu schaffen, so kann man ihre Argumentation schon deshalb nicht gelten lassen, weil sie auf Capillarsysteme basirt ist, wie sie in der Pflanze nicht gegeben sind«. In gleichem Sinne äussert sich Elfving,[3] indem er betont, dass es »bei der Hebung des Wassers in einem solchen Apparate vorwiegend auf die Beschaffenheit der Oberfläche« ankomme.

Wie soll nun aber ein Capillarsystem beschaffen sein, um allen Anforderungen zu genügen? Nach meinem Dafürhalten ist jedes derartige Experiment um so schlagender, je einfacher die Verhältnisse liegen, vorausgesetzt natürlich, dass die wesentlichen Bedingungen erfüllt seien. Das Letztere traf jedoch bei dem in Rede stehenden Capillarsystem unzweifelhaft zu, da ja die Imbibition der Membran nur ein besonderer Fall der Capillarität ist. Übrigens lässt sich die von uns benutzte Einrichtung beliebig modificiren, indem man z. B. die Verdunstungsfläche mit Pergamentpapier überzieht oder dieselbe durch einen beblätterten Spross ersetzt u. dergl. Das Endresultat wird dadurch in keiner Weise oder doch nur insofern beeinflusst, als das der Gleichgewichtslage entsprechende Wasserniveau vielleicht um eine kleine Grösse höher oder tiefer rückt.

Will man aber durchaus Capillarsysteme, wie sie in der Pflanze gegeben sind, so bleibt eben nichts anderes übrig, als die Versuche mit pflanzlichen Objecten vorzunehmen, indem man z. B. abgeschnittene Bäume oder Äste in aufrechter Stellung und mit verklebter Schnittfläche sich selbst überlässt. Was sich hierbei ergiebt, ist freilich längst bekannt: die Äste vertrocknen, zunächst an der Spitze und dann langsam weiter nach rückwärts, obschon die Membranen noch längere Zeit vollauf Gelegenheit hätten, die erlittenen Verluste

[1] Nägeli und Schwendener, das Mikroskop, 1. Aufl. S. 372; 2. Aufl. S. 369.

[2] Pflanzenphysiologie I, S. 127 (1881).

[3] Über den Transpirationsstrom in den Pflanzen. Acta Soc. Scient. Fenn. T. XIV (1884), Sonderabdruck S. 20.

aus dem unten vorhandenen Wasservorrath der Zellhöhlungen zu decken. Diese Deckung unterbleibt, weil die Imbibitionskräfte den vorhandenen Widerstand nur auf kleine Entfernungen zu überwinden vermögen.

Es sei hier noch speciell auf die neueren diesbezüglichen Beobachtungen R. HARTIG's an eingeschnittenen, etwa hundertjährigen Fichten hingewiesen[1]. Das Vertrocknen der Rinde und Nadeln war hier von oben herab bereits bis zur Mitte eines 33 Meter hohen Baumes fortgeschritten, und doch enthielt das Lumen der Tracheiden im Splinte des Stammes noch 70 Procent Wasser und die Wandungen waren völlig gesättigt.

Damit in Übereinstimmung steht auch das Verhalten der Aststutzen und Schnittwunden beliebiger Bäume, indem der Verdunstungsverlust des bloss gelegten Holzes bekanntlich auf einen sehr kleinen Zeitraum beschränkt ist. Während dieser Zeit entleeren sich zunächst die Lumina der oberflächlichen, dann auch der etwas tiefer liegenden Tracheiden und Libriformzellen, weil ihr flüssiger Inhalt den verdunstenden Membranen zufliesst, und zuletzt gehen zunächst der Wundfläche auch diese in den lufttrockenen Zustand über. Ebenso entleeren sich die Gefässe und füllen sich dann mit Thyllen oder Gummi.

Der Abstand vom lufttrockenen bis zum vollgesättigten Zustand der Membranen scheint nach allen einschlägigen Beobachtungen selbst in der Richtung der Fasern nur wenige Centimeter zu betragen; in der Querrichtung ist er jedenfalls sehr gering.

Wie also nach Früherem die Durchlässigkeit des Holzkörpers für Wasser nicht auf einer wunderbaren Eigenschaft der Membran, sondern auf dem Vorhandensein continuirlicher Wasserfäden in den Hohlräumen beruht, so kommt auch die Undurchlässigkeit der vertrockneten Wundflächen hauptsächlich durch den Luftgehalt der oberflächlichen Zellen zu Stande; Gummibildung oder Verharzung u. dergl. können den Effect höchstens vervollständigen.

3. Abnahme der Lufttension von unten nach oben. Man sollte meinen, die Beurtheilung der Folgen, welche Druckdifferenzen in der Holzluft haben können, biete keinen Anlass zu principiellen Meinungsverschiedenheiten, am allerwenigsten in Bezug auf das Maximum der möglichen Leistung. Denn Jedermann kennt doch das Barometer und weiss, dass ein voller Atmosphaerendruck nur einer Wassersäule von etwa 10^{m} das Gleichgewicht hält. Auch ist leicht

[1] Unters. aus d. forstbot. Inst. zu München, III S. 49 (1883). Die Gasdrucktheorie, S. 17 (1883).

einzusehen, dass hieran nichts geändert wird, wenn man die Wassersäule durch quer oder schief ausgespannte permeable Membranen in zahlreiche kleinere Stücke theilt; nur findet alsdann das Steigen und Fallen des Wasserniveaus erheblich langsamer statt, weil die Filtrationswiderstände der Bewegung hinderlich sind.

Es ist ferner gleichgültig, ob die in der bezeichneten Weise septirte Wassersäule geradlinig oder schlangenförmig verläuft; denn der lothrechte Abstand zwischen den beiden Niveaus, auf den es ja ausschliesslich ankommt, wird dadurch weder grösser noch kleiner. Aus diesem Grunde ist es mir unverständlich, wie Böhm, R. Hartig und Elfving[1] zu der Ansicht gelangen konnten, ein die Tracheiden durchsetzender, in Gestalt einer Schlangenlinie continuirlich verlaufender Wasserfaden sei durch die rechts und links liegenden Luftblasen oder auch durch die Filtrationswiderstände der Membranen gleichsam der Schwere beraubt und deshalb verhindert zu sinken. Meines Erachtens liegt hierin ein unzweifelhafter physikalischer Irrthum, der noch dazu mit dem bekannten Th. Hartig'schen Experiment in directem Widerspruch steht. Ich verweise betreffs der näheren Begründung dieses Urtheils auf die Mittheilung von A. Zimmermann[2]: »Zur Kritik der Böhm-Hartig'schen Theorie der Wasserbewegung«.

Die Gleichgewichtsbedingungen eines Wasserbarometers scheinen mir hiernach vollkommen klar zu liegen. Ob wir es mit einer einfachen Röhre oder mit einem durch Membranen septirten System, oder auch mit einem safterfüllten (todten) Holzkörper zu thun haben, immer wird sich das Wasserniveau bei einem Überdruck von einer Atmosphaere und bei genügendem Abschluss nach aussen auf etwa 10^{m} einstellen (wozu allerdings noch die capillare Steighöhe zu addiren wäre). Über diesem Niveau bildet sich nothwendig in allen Kammern unseres Systems, in allen Hohlräumen der Holzzellen eine Torricelli'sche Leere. Für den Holzkörper muss freilich an der Bedingung festgehalten werden, dass der flüssige Inhalt stets continuirliche Fäden bilde; denn wird ein solcher Faden irgendwo unterbrochen, so dass einzelne kleine Flüssigkeitssäulen ringsum an luftführende Räume grenzen, so bleiben diese abgetrennten Tropfen in beliebiger Höhe capillar suspendirt. Aber innerhalb eines zusammenhängenden Fadens ist das Sinken der Wassertheilchen bis zum bezeichneten Barometerstande unvermeidlich.

Trotz dieser Sachlage wird immer wieder der Versuch gemacht, mit der gegebenen Druckdifferenz im Holzkörper, die anerkannter-

[1] Über den Transpirationsstrom in den Pflanzen, a. a. O. S. 14 des Sonderabdruckes.
[2] Ber. d. Deutschen Bot. Ges. I. S. 183.

maassen nur ungefähr eine Atmosphaere beträgt, das Wasser bis in die Gipfel der höchsten Bäume emporzuheben und so das Unmögliche möglich zu machen. Nach Böhm's ursprünglicher Auffassung[1] sollte freilich der Luftdruck zunächst nur die durch Verdunstung wasserarm gewordenen Zellen etwas zusammenpressen, worauf dann diese letzteren vermöge der Elasticität ihrer Wände die frühere Form wieder anzunehmen streben und folglich auf die darunter liegenden Zellen wie Saugpumpen wirken. Dieser Vorgang setzt sich nach der Darstellung des Autors von Zelle zu Zelle fort und die dadurch verursachte Saugwelle geht bis in die äussersten Wurzelspitzen.

Nun ist aber klar, dass die Spannung der Membran dem von aussen wirkenden Luftdruck genau das Gleichgewicht hält und somit dieselbe Kraftsumme repraesentirt. Und da selbst eine volle Atmosphaere nur 10^{m} weit reicht, so kann auch die damit aequivalente Elasticität diese Grenze nicht überschreiten. Die angebliche Saugwelle müsste also in einem Abstande von höchstens 10^{m} vollständig aufhören. Wie sollte auch durch die blosse Einschaltung einer zweiten Kraft, welche von der ersten, dem Luftdruck, abhängig ist, eine Verstärkung des Effectes zu Stande kommen?

Elfving scheint sich allerdings die Sache ganz anders vorzustellen. Er sagt auf S. 9 der citirten Abhandlung: »Der Luftdruck hat mit einer solchen theoretisch construirten Wasserbewegung gar nichts zu thun. Eine durch Luftdruck verursachte Bewegung setzt mit Nothwendigkeit eine Druckdifferenz, wie sie hier gar nicht vorkommt, voraus. Wenn man um das eine Ende einer nicht zu langen Röhre eine thierische Blase bindet, die Röhre mit Wasser füllt und dann das andere Ende in Wasser stellt, so wird in Folge der oben an der Membran stattfindenden Verdunstung neues Wasser allmählig in die Röhre hinaufsteigen, da nämlich die Luft von aussen her nicht durch die Blase eindringen kann. Bei dieser Bewegung spielt der Luftdruck keine Rolle, denn er ist oben an der verdunstenden Fläche und unten am Wasserspiegel derselbe.«

In diesen Worten ist aber offenbar wiederum ein Verstoss gegen die Physik enthalten. Es handelt sich ja bei dem besprochenen Versuche nicht um den barometrischen Druck auf die Aussenfläche der Blase am oberen und auf den Wasserspiegel am unteren Ende der Röhre, sondern um die Spannungen innerhalb derselben, und diese nehmen zweifellos von unten nach oben ab. Ist z. B. die Röhre $= 1^{m}$ hoch und wird der volle Atmosphaerendruck $= 10$ gesetzt, so beträgt die Spannung am oberen Ende $= 9$; ein hier eingesetztes Manometer

[1] Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1864, Bd. 50.

würde diesen Werth direct angeben. Der Überdruck, den die atmosphaerische Luft auf die Blase ausübt, ist demnach = 1. Nur mit dieser relativ geringen Kraft wird die Blase gespannt und nach innen gewölbt, während auf dem Wasserspiegel die volle Atmosphaere lastet.

Denken wir uns jetzt die Röhre 10^m lang, statt nur 1^m, so sinkt oben die Spannung auf Null, indess der Überdruck von aussen das Zehnfache erreicht, und gehen wir noch einen Schritt weiter, so entsteht unter der Blase ein luftleerer Raum.

Jede dieser Versuchsröhren müsste, wenn man sich die Wandungen elastisch vorstellt, in Folge der bezeichneten Druckdifferenzen nach oben zu enger werden; sie befände sich hier in Druckspannung und hätte folglich das Bestreben, wieder zur ursprünglichen Form zurückzukehren, ganz so wie die Böhm'schen Zellen. Ohne Luftdruck geht es also nicht. Im leeren Raum wäre der Versuch überhaupt unmöglich.

In neuerer Zeit hat übrigens Böhm[1] auf die Herbeiziehung der elastischen Zellwände verzichtet und die Wasserbewegung direct durch Spannungsdifferenzen in der Holzluft zu erklären versucht. Was diese zu leisten im Stande sind, wurde indess bereits besprochen.

Unter den allerneuesten Veröffentlichungen, welche sich auf die Wasserbewegung in der Pflanze beziehen und behufs Erklärung derselben zu Druckdifferenzen ihre Zuflucht nehmen, erwähne ich noch die bekannte Arbeit Godlewski's.[2] Zwar verlegt dieser Autor die wichtigste Triebkraft in die Markstrahlzellen, welche zugleich als Druck- und Saugpumpen wirken sollen; die Vorstellung aber, dass eine solche Zelle das Wasser stets aus tiefer liegenden Tracheiden schöpfe und dann durch Vermittelung eines Übergangsgliedes in eine höher gelegene Tracheide hineinpresse, wird ausdrücklich mit der nach oben hin abnehmenden Lufttension in Beziehung gebracht.

Das Spiel dieser Saug- und Druckpumpen wird nun aber in einer Weise geschildert, dass man annehmen muss, es befinden sich im Holze continuirliche Wasserfäden. Die einzelne Markstrahlzelle schöpft nämlich nach Godlewski immer aus allen Tracheiden, mit denen sie in unmittelbarem Contact steht, was doch voraussetzt, dass sie stets an wassererfüllte Räume, nicht etwa an Luftblasen grenze. Ein solcher Wasserreichthum ist aber ohne die (von Godlewski allerdings nicht ausdrücklich gemachte) Annahme continuirlicher Wasserfäden kaum denkbar, und da diese letzteren in 40^m hohen Bäumen zunächst der Basis einen Druck von vier Atmosphaeren verursachen

---

[1] Bot. Zeit. 1879 und 1881.

[2] Zur Theorie der Wasserbewegung in den Pflanzen. Pringsheim's Jahrb. XV (1884).

müssten (der bekanntlich niemals vorkommt), so steht die ganze Darstellung mit der Erfahrung im Widerspruch.

Wollte man aber annehmen, die Wasserfäden seien nicht continuirlich, sondern höchstens einige Centimeter lang, so wäre zwar damit der hohe Druck in den Tracheiden vermieden, da in diesem Falle jede Wassersäule durch Capillarität getragen würde; allein die Saug- und Druckwirkung könnte dann nicht mehr in so einfacher Weise construirt werden. Denn setzen wir, wie oben, die Baumhöhe $= 40^m$, so beträgt der durchschnittliche Unterschied in der Lufttension pro Centimeter höchstens den viertausendsten Theil einer Atmosphaere, folglich für die Tracheiden, welche an die nämliche Markstrahlzelle grenzen, noch viel weniger. Wenn wir also in Übereinstimmung mit der Darstellung Godlewski's annehmen, die periodischen Turgorschwankungen in den Markstrahlen seien erheblich, so könnte nach Maassgabe der Lufttension der Mehrbetrag von Wasser, welcher der oberen Tracheide im Vergleich mit einer unteren zugeführt würde, nur ein verschwindend geringer sein. Sinkt z. B. der hydrostatische Druck in den Zellen von fünf Atmosphaeren auf $4^1/_2$, so wird das entsprechende Wasserquantum mit einer so grossen Kraft ausgestossen, dass die bezeichnete Differenz in der Lufttension kaum noch in Betracht kommt. Die Thätigkeit der Markstrahlzellen würde sich unter solchen Verhältnissen zu einer wahren Danaidenarbeit gestalten.

Godlewski nimmt nun freilich, um seinen Zweck zu erreichen, nicht bloss Druckdifferenzen in der Holzluft, sondern auch Veränderungen im Protoplasma zu Hülfe, und diese letzteren sollen der Art sein, dass das Wasser nur an einer bestimmten Stelle aus der Markstrahlzelle ausgestossen und an anderen Stellen aus den Tracheiden eingesogen wird. Damit kommen wir aber auf ein Gebiet, auf dem jede Controle ausgeschlossen ist. Es kann uns also auch nichts daran hindern, der Phantasie noch etwas mehr Spielraum zu gewähren und jede Markstrahlzelle zu einer untadelhaften Saug- und Druckpumpe zu gestalten, die mit der Geschwindigkeit eines pulsirenden Herzens immer nur von unten her Wasser einsaugt und nach oben wieder abgiebt. Kein Zweifel, dass derartige Pumpwerke auch ohne Berücksichtigung der Lufttension das Wasser auf die höchsten Bergspitzen zu heben gestatten. Man braucht sich ja bloss vorzustellen, am Abhange eines Berges befinden sich in verschiedenen Höhen offene Wasserbehälter und zwischen je zweien eine solche Saug- und Druckpumpe, welche jedesmal aus dem unteren Behälter schöpft und das aufgenommene Wasser in den nächstoberen ergiesst, — dann sind alle Schwierigkeiten überwunden.

So lange wir jedoch auf empirischem Boden stehen bleiben, ist es wahrscheinlicher, dass die Plasmahaut in den Tüpfeln die für einen so regelmässigen Gang der Pumpe nöthige Steuerung nicht zu bewerkstelligen vermag. Jedenfalls fehlt es durchaus an thatsächlichen Hinweisen auf einen rhytmischen Wechsel in der Durchlässigkeit, wie Godlewski ihn voraussetzt.

Übrigens will ich keineswegs verhehlen, dass ich mir die Leistung der Markstrahlen und Holzparenchymstränge in Bezug auf den schliesslichen Erfolg ebenfalls ungefähr so vorstelle, wie ich sie vorhin geschildert habe, d. h. als ein Schöpfen aus tiefer liegenden und ein Abgeben an höher gelegene Hohlräume. Nur halte ich es für natürlicher, innerhalb der Parenchymzellreihen mit Westermaier[1] die osmotische Saugung wirken zu lassen und derselben sogar den grösseren Theil der Hebungsarbeit zuzuschieben. Die kurzen Wasserfäden würden hierbei bald an gewissen Stellen unterbrochen, bald an den Enden mit anderen verschmolzen. Ob es gelingen wird, die Richtigkeit dieser Vorstellung definitiv zu begründen und die Bedingungen der Hebung bestimmt zu formuliren, mögen weitere Untersuchungen lehren.

4. Osmotische Kräfte. Durch die Untersuchungen Pfeffer's und durch verschiedene spätere Mittheilungen anderer Autoren wurde definitiv festgestellt, dass der osmotische Druck in den lebenden Zellen eine viel bedeutendere Höhe erreicht, als man nach dem früheren Stande unserer Kenntnisse annehmen durfte. Man könnte nun versucht sein, aus dieser Thatsache den Schluss zu ziehen, dass nun auch die Hebung des Saftes durch den osmotischen Druck auf eine entsprechend grössere Höhe möglich sei. Das ist nun in Wirklichkeit nicht der Fall. Denn was zunächst die Erscheinungen des Blutens anbelangt, so bleibt natürlich die schon von Hales beobachtete Steighöhe des Saftes als empirische Thatsache bestehen, die factische Tragweite des Blutungsdruckes somit unverändert. Auch ist erwiesen, dass dieser Druck während der eigentlichen Vegetationsperiode auf eine sehr geringe Grösse herabsinkt. Was sodann zweitens die osmotische Saugung im Parenchym betrifft, so ergiebt sich aus den Untersuchungen Westermaier's,[2] dass die dadurch bewirkte Wasserbewegung sich nur auf wenige Centimeter erstreckt. Ob es bloss 3 bis 4 oder unter besonders günstigen Umständen vielleicht 30 bis 40^{cm} sind, ist für unsere Betrachtung gleichgültig.

Die Einwände, welche Scheit[3] diesen Versuchen Westermaier's entgegen hält, sind mir unverständlich geblieben. Er vermuthet nämlich (a. a. O. S. 10 des Sonderabdruckes), »dass an der Oberfläche

[1] Ber. d. Deutschen Bot. Ges. 1883.
[2] Sitzungsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften 1884, S. 1105.
[3] Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft 1886, Bd. XIX, N. F. XII.

der verwendeten epidermalen Streifen durch Capillarwirkung Wasser empor geleitet worden und dann erst nachträglich die Quellung der verwendeten Objecte eingetreten sei.« Wäre diese Vermuthung begründet, so müsste die Tragweite der osmotischen Saugung noch niedriger taxirt werden, als es bereits geschehen.

Die Versuche, welche von demselben Autor angestellt wurden, um das Vorhandensein des Wurzeldruckes zu constatiren, betrachte ich als völlig verfehlt. Scheit brachte nämlich Zweigstumpfe verschiedener Holzgewächse mit der Luftpumpe in Verbindung und beobachtete dann, dass in der Regel schon nach einigen Kolbenzügen, und um so mehr bei stärkerer Evacuation, Wasser aus dem Holze hervortrat. Und das soll eine Wirkung des Wurzeldruckes sein!

Bezüglich der osmotischen Vorgänge, welche Westermaier zur Erklärung der Wasserbewegung voraussetzt, halte ich vorläufig mit meinem Urtheil zurück. Einzelne Punkte scheinen mir jedenfalls einer näheren Prüfung zu bedürfen. Wenn aber Godlewski und Scheit auch den Grundgedanken bekämpfen, dass die osmotische Saugung überhaupt an der Hebung des Saftes betheiligt sei, und zugleich den Einwand erheben, das Westermaier'sche Schema sei auf die Abietineen gar nicht anwendbar, so gehen sie meines Erachtens zu weit. Der letztere Einwand ist jedenfalls vollkommen unbegründet, da ja die Markstrahlen der Abietineen durch das Rindenparenchym auch in der Längsrichtung verbunden sind. Warum sollte das nicht genügen?

Dass die Parenchymzellen des Holzes bei der Hebung des Saftes direct betheiligt sind, scheint mir übrigens aus verschiedenen Thatsachen mit ziemlicher Bestimmtheit hervorzugehen. Wären die Druckdifferenzen in der Holzluft die einzige Kraftquelle für die zu leistende Arbeit, so könnten erhebliche Ungleichheiten im Saugen oder Bluten an benachbarten Stellen des Holzkörpers nicht wohl vorkommen, da ja der Theorie zufolge die geringsten Unterschiede sich sofort ausgleichen müssten. Es wäre namentlich undenkbar, dass ein Baumstamm, der nach zwei bis drei Regentagen durch Nachschub von unten etwas wasserreicher geworden, in mittlerer Höhe (wo vorher Saugen stattfand) Luft in das hier angebrachte Manometer hineinpresst, während oben in der Krone und insbesondere unten am Stamm weder Saugung noch Pressung stattfindet. Ein solcher Fall wurde indess oben (S. 585) mitgetheilt; er deutet, wie mir scheint, unverkennbar auf eine vis a tergo, die im Stamme selbst, und zwar im mittleren Theil desselben, ihren Sitz hat.

Andererseits berichtet Th. Hartig,[1] »dass während der Zeit lebhafter Verdunstung durch die wiederhergestellte Belaubung der Bäume,

[1] Anat. u. Physiol. d. Holzpflanzen, S. 358.

also lebhaftesten Saftsteigens, die mit Manometern armirten Bohrlöcher, wenn sie frisch gefertigt sind, weder Druck noch Saugen anzeigen, durchaus indifferent sich verhalten«. Er folgert hieraus, dass in solchen Fällen von einer Hebung des Holzsaftes durch Luftdruck nicht die Rede sein kann. Ich muss nun allerdings beifügen, dass die Beobachtungen Th. Hartig's (wie ich seinen anderweitigen Manometerversuchen entnehme) sich nur auf den unteren Theil des Stammes beziehen, bemerke aber, dass das erwähnte indifferente Verhalten nach eigenen Versuchen wenigstens bis auf mittlere Höhen etwas Gewöhnliches ist. Für grössere Stammhöhen fehlen mir zur Zeit einschlägige Beobachtungen.

Es mag ferner daran erinnert werden, dass der Wassergehalt des Holzkörpers gerade während der Wintermonate, also bei Laubhölzern nach dem Blattfall, häufig eine beträchtliche Zunahme erfährt. Da nun der Wurzeldruck um diese Zeit sehr gering ist, so muss die entsprechende Wassereinfuhr theils auf Ausgleichung von Differenzen in der Lufttension, theils auf osmotische Vorgänge in den parenchymatischen Zellen zurückgeführt werden. Die Druckdifferenzen allein könnten wohl eine Änderung in der Vertheilung des vorhandenen Wassers, also eine Zufuhr für gewisse Punkte, nicht aber eine Vermehrung des Gesammtvorrathes bedingen. Denn angenommen, die Holzluft sei im oberen Theil eines hohen Stammes auf $^1/_5$ der Normalspannung verdünnt (was nicht häufig vorkommen dürfte), so erstreckt sich die Saugwirkung dieser Region höchstens 7^m weit nach unten; der ganze übrige Theil bleibt davon unberührt. Nimmt er dennoch Wasser auf, so müssen es eben andere Kräfte sein, welche diese Aufnahme ermöglichen. Und da wir keinen Grund haben, etwa an elektrische Kräfte zu denken, so bleibt nur übrig, zur Osmose und der damit zusammenhängenden Filtration unsere Zuflucht zu nehmen. Aber freilich ist hier noch manche Frage zu lösen, bis endlich eine befriedigende Einsicht in das Spiel der Parenchymzellen erlangt ist.

Über einen neuen Fall von Isomorphie zwischen Uran und Thorium.

Von C. Rammelsberg.

Das krystallisirte Thoriumsulfat ist von Berzelius, Chydenius, Cleve und Nilson untersucht worden, wonach es enthält:

	ThO^2	SO^3	H^2O
Berzelius	44.27	26.26	29.47
Chydenius	45.32	—	—
	45.68	27.54	—
	46.18	—	28.51
Cleve	45.17	27.30	27.53
	45.30	26.59	—
Nilson[1]	45.09	27.34	27.57.

Keiner von diesen Chemikern hat die Form der Krystalle beschrieben, auf welche sich seine Analysen beziehen. Da nun verschiedene Hydrate des Thoriumsulfats existiren, so war es für die vorliegende Frage nöthig, die Zusammensetzung des krystallographisch in Betracht kommenden Salzes zu ermitteln.

I. 4.059 der gepulverten Krystalle verloren bei 300° 1.000 = 24.63 Procent; beim Erhitzen, ohne zu glühen, 1.096 = 27.00 Procent. Durch starke Glühhitze über der Lampe wurden 1.853 = 45.66 Procent und über dem Gebläse 1.850 = 45.58 Procent Thorerde erhalten.

II. 3.316 lieferten, durch Ammoniak gefällt, 1.529 = 46.11 Procent Thorerde.

III. 4.916 gaben auf gleiche Art 2.242 = 45.61 Procent Thorerde.

Es ergiebt sich hieraus, dass die Früheren dasselbe Hydrat untersucht haben, welches 9 Mol. Wasser enthält.

Nimmt man mit Nilson für Thorium das Atg. 232.5 an, so besteht

$$ThS^2O^8 + 9\,aq$$

aus

[1] Mittel von sechs Versuchen.

ThO^2	45.10
SO^3	27.28
H^2O	27.62
	100.

Ein Hydrat mit 8 aq, wie CLEVE ein solches in warzenförmigen Krystallaggregaten erhalten hat, muss 46.53 ThO^2 und 25.53 H^2O enthalten.

Schwefelsaures Urandioxyd.

Dieses Salz, früher als schwefelsaures Uranoxydul bezeichnet, stellte PÉLIGOT[1] durch Behandeln einer Lösung des Tetrachlorids mit Schwefelsäure krystallisirt dar, analysirte es und deutete auch die Bildung eines basischen Salzes durch die Einwirkung des Wassers an.

Fast gleichzeitig erhielt ich[2] das Salz auf dem nämlichen Wege, beschrieb seine Eigenschaften und sein Verhalten gegen Wasser.

Es handelt sich hier nur um den Vergleich der Analysen, in Betreff des Wassergehalts, welcher bisher = 8 Mol. angenommen wurde.

PÉLIGOT führt eine Analyse an; ich habe deren fünf mitgetheilt,

	PÉLIGOT	RG. (Mittel)
Urandioxyd	46.3	45.81
Schwefelsäure	29.7	27.91.

Hierbei ist zu bemerken, dass die Menge der Säure immer zu hoch ausfällt, da die Krystalle von der anhängenden nicht ganz befreit werden können.

Nun erfordern die Formeln

	$US^2O^8 + 8$ aq	$US^2O^8 + 9$ aq
Urandioxyd	47.22	45.80
Schwefelsäure	27.78	26.94
Wasser	25.00	27.26
	100	100.

Offenbar enthält das Uransulfat gleich dem Thoriumsulfat 9 Mol. Wasser.

Die Krystallform des Thoriumsulfats, die sehr schön ausgebildet ist, wurde von A. NORDENSKIÖLD, MARIGNAC, TOPSÖE und von mir unter-

[1] Ann. Chem. Pharm. 43, 276 (1842).
[2] POGG. Ann. 56, 129 (1842) und 59, 14 (1843).

sucht.[1] Sie ist eine zwei- und eingliedrige, und die gewöhnlichen Combinationen sind

$p = a : b : \infty c$	$a = a : \infty b : \infty c$
$q = b : c : \infty a$	$b = b : \infty a : \infty c$
$r = a : c : \infty b$	$c = c : \infty a : \infty b$
$r' = a' : c : \infty b$	

	Berechnet	Beobachtet NORD.	MAR.	TÖPS.	RG.
$p : p =$	118° 50′		119° 0′	119° 9′	119° 16′
$p : a =$	149 25	149° 33′	149 30	149 37	
$p : b =$		*120 35	120 30		121 0
$p : c =$	97 36			96 22	
$q : q =$	113 54		111 44	113 17	113 25
$q : b =$	123 3				
$q : c =$		*146 57			
$q : a =$	97 24	96 51	97 5		
$a : c =$		*98 10	98 20	98 24	98 30
$r : r' =$	84 29				
$r : a =$	141 27				
$r : c =$	137 28				
$r' : a =$	134 4				
$r' : c =$	127 46				

Hieraus folgt:

$$a : b : c = 0.598 : 1 : 0.658$$
$$o = 81° 50'.$$

Es finden sich Zwillinge nach a und die Spaltbarkeit ist nach c vollkommen.

Das Uransulfat ist von DE LA PROVOSTAYE[2] und von mir[3] gemessen worden. Danach wäre es zweigliedrig.

Bei einem Vergleich der Winkel dieses und des Thoriumsulfats fiel mir die nahe Übereinstimmung der Winkel in der Horizontalzone beider Salze, gleichwie derjenigen der Diagonalzone von c des Thoriumsalzes und der Zone o q o des Uransalzes[4] auf, und es entstand die Vermuthung, auch das Uransalz möge zwei- und eingliedrig sein. Es wurde daher aus dem Tetrachlorid von neuem dargestellt, und Hr. Dr. A. FOCK hat auf meinen Wunsch die Krystalle näher untersucht.

[1] S. mein Hdb. d. kryst. phys. Chemie. Leipzig 1881. Bd. 1, S. 445.
[2] Ann. Chim. Phys. N. S. 5, 48.
[3] Mein Hdb. 1, 444.
[4] Durch einen Druckfehler steht a. a. O. $o : p$ statt $o : q \doteq 146° 31'$.

Diese Untersuchung hat meine Vermuthung bestätigt. Die Krystalle sind sämmtlich Zwillinge nach a, und deshalb geometrisch zweigliedrig.

Es sind Combinationen von p, q, a, b und c.

	Berechnet	Beobachtet Fock	de la Prov.	Rg.
p : p =		*118° 48′		118° 38′
p : a =	149° 24′		149° 30′	150 2
p : b =	120 36		120 30	120 40
p : c =	96 44	96 29		
q : q =	114 0			
q : c =	147 0		146 25	
q : b =		*123 0		123 48
a : c =		*97 49	98 5	
p : q =	112 3	112 24.		

Hieraus folgt:

$$a : b : c = 0.597 : 1 : 0.6555$$
$$o = 82^\circ\ 11'.$$

Die Krystalle sind, wie schon gesagt, stets Zwillinge nach a. Sie sind spaltbar vollkommen nach a, deutlich nach q.

Die optische Axenebene liegt senkrecht zur Symmetrieebene; die erste Mittellinie bildet mit c einen Winkel von etwa 17° (im spitzen Winkel o). An einer nahe senkrecht zu ihr geschnittenen Platte treten die optischen Axen am Rande des Gesichtsfeldes aus.

Mithin sind beide Salze isomorph. Ihr Wassergehalt ist der gleiche (9 Mol.), und es reiht sich somit eine neue Isomorphie bei den beiden Elementen vom höchsten Atomgewicht (Th = 233, U = 240) den bekannten an.

Ausgegeben am 15. Juli.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1886.
XXXV.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

8. Juli. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Curtius.

Hr. Dillmann las über die Quellen des Deuteronomiums.

Ausgegeben am 15. Juli.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1886.

XXXVI.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN

15. Juli. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Curtius.

1. Hr. Roth legte vor eine geologische Skizze von Korea von Hrn. Dr. C. Gottsche aus Kiel und Beiträge zur Petrographie von Korea.

Beide Abhandlungen erscheinen in einem der nächsten Sitzungsberichte.

2. Hr. Schulze legte vor eine Mittheilung des Hrn. Hofr. Dr. A. B. Meyer in Dresden über die Giftdrüsen bei der Gattung *Adeniophis* Pet.

3. Hr. Kiepert legte einen Bericht des Hrn. Prof. Dr. Partsch in Breslau vor über die wissenschaftlichen Ergebnisse seiner Reisen auf den Inseln des Ionischen Meeres.

Beide Mittheilungen erfolgen umstehend.

4. Bewilligt sind auf Antrag der Akademie durch Ministerialrescript vom 1. Juli 4000 Mark an Hrn. Prof. Lepsius in Darmstadt zur Fortsetzung der geologischen Aufnahme von Attica, durch Verfügung vom 2. Juli 2500 Mark an Hrn. Dr. Simroth in Leipzig zu einer zoologischen Reise nach Portugal und den Azoren.

Das correspondirende Mitglied der Akademie Hr. Hermann Abich ist am 1. Juli gestorben.

Die HH. Felice Casorati, Prof. in Pavia und Luigi Cremona, Senator und Director der Ingenieurschule in Rom, sind zu correspondirenden Mitgliedern der physikalisch-mathematischen Classe erwählt.

Die Giftdrüsen bei der Gattung Adeniophis Pet.

Von Dr. A. B. Meyer
in Dresden.

(Vorgelegt von Hrn. Fr. E. Schulze.)

Im Jahrgang 1869 der »Monatsberichte« der Akademie[1] gab ich eine Darstellung der in der Visceralhöhle gelegenen Giftdrüsen bei zwei Arten der Schlangengattung *Callophis* Gray. *C. intestinalis* (Laur.) und *C. bivirgatus* (Schleg. Boie), deren generische Abtrennung von der Gattung *Callophis* ich dann, eben dieser von der Norm so abweichenden Giftdrüsen wegen, im Archiv für Naturgeschichte[2] befürwortete.

Zuerst bestätigte und ergänzte J. Reinhardt[3] diese meine Angaben und zeigte, dass *Callophis Macclellandii* (Reinh.) und *C. gracilis* Gray die Drüse nicht besässen, was ich selbst schon für *C. maculiceps* (Gthr.)[4] constatirt hatte. In den Proceedings of the Zoological Society of London[5] konnte ich ferner mittheilen, dass *C. trimaculatus* (Daud.), *C. annularis* Gthr. und *C. nigrescens* Gthr. diese Drüsen auch nicht besässen, welche letzteren sich jedoch bei den sogenannten Varietäten von *C. intestinalis* und *bivirgatus (malayana, philippina, melanotaenia, tetrataenia)* wie bei den Stammarten nachweisen liessen. Im Jahre 1871[6] trennte Wilhelm Peters die mit dieser Visceral-Giftdrüse begabten Schlangen in die Gattung *Adeniophis* ab, so dass demnach nur die Arten der bisherigen Gattung *Callophis*, welche dieselbe nicht besitzen, diesen Gattungsnamen beibehalten. Zu den letzteren hatte ich[7] *C. calligaster* (Wiegm.) gestellt, welche Schlange jedoch von dem ebengenannten Forscher bereits im Jahre 1862 subgenerisch als *Hemibungarus* abgetrennt worden war,[8] weil sie 15 Schuppenreihen hat, während *Callophis* nur 13 besitzt, und weil ausserdem wesentliche craniologische Differenzen vorhanden sind.

[1] S. 204 fg.
[2] 35. Jahrg. S. 244 fg.
[3] I Anledning af det af Dr. A. B. Meyer opdagete særegne Forhold af Giftkjertlen hos visse Arter af Slægten *Callophis:* Vidensk. Medd. fra den naturhist. Forening i Kbhvn. 1869. p. 117 fg.
[4] Monatsber. d. Akad. 1869. S. 214 (Nachschrift).
[5] 1870. p. 368 fg.
[6] Monatsber. d. Akad. S. 578.
[7] Proc. Zool. Soc. 1870. p. 368.
[8] Monatsber. der Akad. 1862. S. 637.

Neuerdings erhielt das Dresdener Museum eine Sammlung von Reptilien von Süd-Mindanao,[1] unter welchen sich zwei einander ganz ausserordentlich ähnliche Schlangen (Nr. 1273 und 1274 Mus. Dr.) befanden; dieselben erwiesen sich bei näherem Studium als *Adeniophis philippinus* (Gthr.) und *Hemibungarus calligaster* (Wiegm.), ihre Ähnlichkeit ist aber eine so grosse, dass sie selbst geübteren Untersuchern auf den ersten Blick als identisch imponiren können; erstere besitzt die Visceral-Giftdrüse, letztere nicht. Es liegt hier ein analoger Fall vor wie bei *Adeniophis bivirgatus* (Schl. Boie) zusammen mit *Megaerophis flaviceps* (Reinh.) von Hinterindien, Sumatra, Java und Borneo, zwei sich auch ausserordentlich gleichende Schlangen, von denen erstere die Visceral-Giftdrüse besitzt, letztere nicht. Bereits 1870 sprach ich die Vermuthung aus,[2] dass hier ein Fall von mimicry vorliegen könne, und das analoge Verhalten von *Adeniophis philippinus* und *Hemibungarus calligaster* bestärkt mich in dieser Auffassung.

Letzthin konnte ich ferner das Vorhandensein der grossen Giftdrüse nachweisen bei *Adeniophis nigrotaeniatus* Pet. von der Insel Nias (Nr. 1356 Mus. Dr.); Wilhelm Peters hatte diese Schlange zuerst als Varietät von *intestinalis* von Sumatra beschrieben[3] und bereits bei einem Exemplar von Borneo der Giftdrüse Erwähnung gethan[4]; das Vorkommen auch auf Nias ist durch dieses Dresdener Exemplar constatirt.[5]

Endlich kann ich von dem Vorhandensein der Drüse, was bis jetzt überhaupt noch nicht geschehen war, bei *Adeniophis flaviceps* (Cant.), berichten, und zwar an ebenfalls von der Insel Nias stammenden Exemplaren, von wo diese bereits von Hinterindien und der Insel Pinang bekannte Art durch die Dresdener Exemplare Nr. 1367 bis 1369 nachgewiesen ist.[6]

Es würde nicht überraschend sein, wenn auch für die letztgenannten zwei Schlangen sich »nachäffende« (mimicking) Arten noch anfänden. Man könnte sich vielleicht vorstellen, dass die *Adeniophis*-Arten z. B. von Vögeln, ihrer Giftdrüsen wegen, verschmäht werden, und dass nun die ähnlichen, generisch verschiedenen Arten, in Folge dessen ebenfalls verschont würden. F. Stoliczka[7] sagt von *intestinalis:* »I was told that this little snake is more dreaded by the natives of Burma and of Java on account of its bite, than the comparatively gigantic *Ophiophagus elaps* Schleg.« Bezüglich Java's habe ich der-

[1] Siehe J. G. Fischer, Jahrb. d. wiss. Anst. zu Hamburg. II. S. 80. 1885.
[2] Proc. Zool. Soc. 1870. S. 368.
[3] Monatsbr. der Akad. 1863. S. 404.
[4] Ebendaselbst. 1871. S. 579.
[5] Siehe J. G. Fischer, Abhandl. Naturw. Ver. Hamburg. IX. Heft S. 1. 1885.
[6] Siehe J. G. Fischer a. a. O.
[7] Journ. As. Soc. Bengal Vol. XXXIX, pt. II, p. 213. 1870.

artiges nicht erfahren und kann ausserdem ein häufiges Vorkommen der Art dort nicht annehmen. Als ich im Jahre 1870 in Buitenzorg war, beauftragte der dortige Assistent-Resident, der seitdem verstorbene, um die Kunde des Ostindischen Archipels verdiente S. C. J. W. van Musschenbroek seine zahlreichen Untergebenen, die Schlange, von welcher ich Abbildungen vertheilte, zu suchen, und dasselbe that der damalige, auch seitdem verstorbene Director des berühmten botanischen Gartens, Dr. Schaeffer, welcher täglich hunderte von Arbeitern beschäftigte; ich setzte zudem eine Belohnung für eine lebende *Callophis* aus, in der Absicht, mit einer solchen zu experimentiren; es wurde aber ganz erfolglos mehrere Wochen lang gesucht. Dieses seltene Vorkommen der Giftschlangen — denn der Satz lässt sich nach meiner Erfahrung sehr wohl verallgemeinern, wenigstens für Celébes, die Philippinen und Neu-Guinea — steht in grellem Widerspruche mit dem häufigen Vorkommen der Kreuzottern, z. B. in der Umgebung Berlins, wo ich im Jahre 1869, mit einer chemischen Untersuchung des Giftes derselben beschäftigt, in einem Monate an 100 lebende Exemplare erhielt, welche alle von einem einzigen Manne gefangen worden waren.

Th. Cantor[1] sagt von *intestinalis var.* und *bivirgatus var.* (= *flaviceps* Cantor), dass sie, wenn auch nicht zahlreich, so doch nicht selten vorkämen. Er secirte eine Anzahl Exemplare, ohne die Visceral-Giftdrüse zu bemerken (wie Andere vor und nach ihm[2]) und behauptet, dass kaum mehr als ein Tropfen Gift jederseits aus dem Zahn austrete,[3] was ich bezüglich der genannten zwei Arten bezweifeln möchte, da die Giftdrüse jedenfalls viel Gift enthält; der Tod erfolgte nach dem Biss dieser Schlangen bei Hühnern innerhalb eines Zeitraumes von einer Stunde zwanzig Minuten bis drei Stunden, also nicht schnell. Cantor experimentirte auch mit *nigromaculatus* (= *gracilis* Gray), welche Art die Visceral-Giftdrüse nicht besitzt, deren Gift aber ein Huhn bereits in einer Stunde tödtete.

Callophis japonicus Gthr. von Nagasaki[4] gelangte noch nicht in meine Hände, trotz wiederholter Anstrengungen, die Schlange von Japan zu erhalten; man sandte mir mehre Male die der Abbildung nach äusserlich etwas ähnliche, nicht giftige *Ophites orientalis* Hilg. Hr. Boulenger vom British Museum hatte jedoch die Güte, auf meine Bitte das einzig bis jetzt bekannte, typische Exemplar dieser Art im

[1] Catalogue of Rept. inhab. the Mal. Peninsula and Islands. Calcutta 1847. p. 110. Sep. Abdr. a. d. Journ. of the As. Soc. Vol. XVI.
[2] Siehe A. B. Meyer, Monatsberichte der Akademie 1869. S. 221.
[3] Cantor, a. a. O. S. 111.
[4] Ann. Mag. Nat. Hist. 1868. 4 ser. vol. I. p. 428. Pl. XVII. fig. c.

British Museum zu untersuchen und theilte mir unter dem 25. Juni d. J. mit, dass diese Schlange die grosse Giftdrüse nicht aufweise.

Nach unserer jetzigen Kenntniss besitzen folgende Arten die grossen in der Visceralhöhle gelegenen Giftdrüsen:

Adeniophis intestinalis (Laur.) von Java.
» *malayanus* (Gthr.) von Central-Indien (Malwah), Hinter-Indien, Pinang, Singapore.
» *philippinus* (Gthr.) von den Philippinen.
» *nigrotaeniatus* (Pet.) von Sumatra, Banka, Nias, Borneo.
» *bivirgatus* (Schl. Boie) von Java.
» *tetrataenia* (Bleek.) von Borneo.
Adeniophis flaviceps (Cantor) von Nias, Sumatra, Hinter-Indien.

Es besitzen sie nicht:

Callophis japonicus Gthr. von Japan.
» *maculiceps* (Gthr.) von Hinter-Indien.
» *Macclellandii* (Reinh.) von Central-Indien.
» *trimaculatus* (Daud.) von Vorder- und Hinter-Indien.
» *annularis* Gthr. von »Indien« (ohne genauen Fundort).
» *nigrescens* Gthr. von Vorder-Indien.
» *gracilis* Gray von Pinang, Singapore und Sumatra,[1] welche *Adeniophis nigrotaeniatus* Pet. und *malayanus* (Gthr.) ähnelt.
Hemibungarus calligaster (Wiegm.) von Luzon und Mindanao, welche *Adeniophis philippinus* (Gthr.) ähnelt.
Megaerophis flaviceps (Reinh.) von Borneo, Java, Sumatra, Pinang, welche *Adeniophis bivirgatus* (Schl Boie), *tetrataenia* (Bleek.) und *flaviceps* (Cantor) ähnelt.

Callophis cerasinus (Beddone) von Malabar[2] ist noch nicht daraufhin untersucht worden.

Die genaue Kenntniss der geographischen Verbreitung aller dieser Arten lässt noch sehr viel zu wünschen übrig, und damit ist auch die Beurtheilung der Frage erschwert, ob sich noch mehr Parallelfälle des Vorkommens von Arten der Gattungen *Adeniophis* und *Callophis* darbieten; es liegt hier jedenfalls ein gewisses Problem verborgen, welches erst bei einer viel genaueren Artkenntniss, als wir sie bis jetzt besitzen, zu lösen sein wird.

---

[1] Ich erhielt kürzlich durch die Güte des Hrn. Boettger in Frankfurt am Main ein Exemplar dieser Art zur Untersuchung mit dem bis dahin noch unbekannten Fundorte Sumatra.

[2] Siehe: Proc. Zool. Soc. of London 1864 p. 179.

Bericht über die wissenschaftlichen Ergebnisse seiner Reisen auf den Inseln des Ionischen Meeres.

Von Prof. J. Partsch
in Breslau.

(Vorgelegt von Hrn. Kiepert.)

Die bisherige wissenschaftliche Kenntniss der Ionischen Inseln steht tiefer, als man bei der Erinnerung an die lange Dauer der Schutzherrschaft einer hochcivilisirten Nation erwarten sollte. Der Öffentlichkeit liegt nicht einmal die unentbehrlichste Grundlage für das Studium dieser Inseln vor: eine durchaus befriedigende Übersichtskarte. Allerdings haben die Engländer schon in den ersten Jahrzehnten ihrer Oberhoheit topographische Aufnahmen auf allen Inseln durchgeführt; aber das Ergebniss dieser mühevollen Arbeiten ist nie veröffentlicht worden, nur in den Seekarten der englischen Admiralität zu unvollkommener Verwerthung gelangt. Diese Karten wollen nur den Bedürfnissen des Seemanns dienen; für das Innere der Inseln genügt ihnen eine annähernd richtige Skizzirung des Reliefs; auf die Richtigkeit der Lage der Ortschaften, der Vertheilung und Schreibart ihrer Namen wird keine Sorgfalt verwendet; trotz der Vorzüglichkeit der Quelle strotzt die Darstellung dieser Seekarten von Fehlern, wenn man nur wenige Kilometer von dem treffend gezeichneten Ufersaume sich entfernt. So blieb die Verbesserung der topographischen Kenntniss der inneren Theile aller einzelnen Inseln dem Privatfleiss überlassen. Ihm danken wir die achtungswerthe Carta Topografica dell' isola Corfù sull' originale dell' ingegnere S[r] P. A. Gironci disegnata da Franc. Giov. Rivelli Parigi 1850. Der Maassstab ist in englischen Meilen gegeben und zeigt eine englische Meile = 12^{mm}.5 (Mousson mass 12.6). Darnach scheint beabsichtigt gewesen zu sein, der Karte den Maassstab einer englischen Meile = $^1/_2$ englischem Zoll = 12^{mm}.7 zu geben, also 1 : 126720. Thatsächlich aber ist der Maassstab der Karte weit grösser; er schwankt um 1 : 100000. Das Gradnetz fehlt ganz, die Terrainzeichnung entfernt sich bei aller Zierlichkeit völlig von der Naturwahrheit, das Flussnetz enthält starke Fehler; dennoch ist die Karte wegen der Richtigkeit der meisten Ortslagen und wegen der

Sorgfalt mit der das Wegenetz und die Nomenclatur behandelt ward, bisher unentbehrlich gewesen und hat als Hauptgrundlage aller neueren Karten der Insel gedient.

Bei dieser Sachlage war jeder Versuch zur Förderung der wissenschaftlichen Kenntniss von Korfu zunächst vor die Aufgabe gestellt, eine bessere Übersichtskarte zu schaffen, welche namentlich das in den Seekarten nur den Grundzügen nach angedeutete und durch sehr wenige Höhenziffern bestimmte Relief mit weit höherer Genauigkeit darstellen sollte. Als Grundlage für eine neue topographische Aufnahme boten sich die Arbeiten des österreichischen militairgeographischen Institutes dar, welches bei der Verknüpfung des albanesischen Dreiecksnetzes mit dem apulischen die gegenseitige Lage des Hauptgipfels von Fano und von vier Punkten der Insel Korfu (Salvatore, Irakli, S. Giorgio, östlicher Citadellenfels der Stadt Korfu) ermittelt, die geographische Breite der Citadellenstation und das Azimut der Richtung Citadelle-S. Giorgio genau festellt hatte. Der Gedanke lag nahe, die bekannten Seiten der österreichischen Dreiecke als Basen für eine Triangulirung der Insel zu benutzen, welche die Grundlage einer neuen Karte und eines trigonometrischen Höhennetzes bilden sollte. Für den Raum, der zwischen den vier österreichischen Dreieckspunkten lag, wurde diese Arbeit mit einem Theodoliten, dessen Horizontal- und Verticalkreis mit Nonius einzelne Minuten gaben, im August 1885 wirklich ausgeführt, und dadurch das günstige Urtheil über die topographische Zuverlässigkeit der Gironci'schen Karte begründet.

Die weitere Ausdehnung der zeitraubenden Triangulationsarbeit ward überflüssig, als es im März 1886 gelang, Einsicht zu gewinnen in die noch im Manuscript vorhandenen englischen Originalaufnahmen. Während im Sommer 1885 trotz wiederholter Nachfrage an maassgebender Stelle nicht einmal das Vorhandensein dieser Blätter in den Händen der Militairbehörden hatte festgestellt werden können, erchloss mir die Vermittelung meines unermüdlichen Freundes Prof. Romanos und seines Collegen Marino nun die Gelegenheit zu mehrtägigem Studium dieser Karte. Sie besteht aus dreizehn unregelmässig begrenzten Sectionen und einer Übersicht des Dreiecksnetzes mit Bezeichnung der im Val di Roppa gemessenen Basis (1547.11 Yards) und der Angabe der Länge vieler Dreiecksseiten. Nur für einen Punkt im Fort Alexander auf Vido ist die volle astronomische Ortsbestimmung angegeben. Die Zeit der Herstellung der Karte ist nur aus der magnetischen Declination $14^\circ\ 33'\ 45''$ annähernd bestimmbar; etwas genauer vielleicht aus den Namen und Chargen der aufnehmenden Officiere, unter denen Lieutn. Huntfield die schwierigsten Gebirgslandschaften des Nordens (Blatt 3 bis 6) und Südens (Blatt 11), Lieutn.

WORSLEY das Hügelland der Inselmitte (Blatt 7 bis 10), Lieutn. WHITMAN den Westflügel des nordkorfiotischen Gebirges mit dem Irakli (Blatt 2), Lieutn. RUS. COOPER das Hügelland der Nordwestspitze (Blatt 1) und des Südens (Blatt 12 und 13) bearbeitet hat. Diese Blätter leisten nicht Alles, was man heute von einer Karte in dem grossen Maassstabe »six inches to a mile« (1 : 10560) erwarten würde; sie sind verschieden in der Technik der Terrainzeichnung, ungleich in der sachlichen Zuverlässigkeit und formalen Richtigkeit topographischer Namen, nur mit Vorsicht benutzbar für die Darstellung des mehrfach rein hypothetisch eingetragenen Strassennetzes, endlich durchweg ganz arm an Höhenziffern und orographischer Nomenclatur, aber sie bilden sämmtlich eine unvergleichlich bessere Grundlage für die Herstellung einer guten Übersichtskarte als die bisherigen Nothbehelfe. HUNTFIELD's Blätter gehören zu dem Schönsten, was man in energischer, treffender Charakteristik mannigfaltiger Bodenformen sehen kann. WORSLEY zeichnet sich durch Sorgfalt in topographischen Einzelheiten aus, auch durch ein seinen Mitarbeitern oft abgehendes Verständniss der Landessprache.

Die für das Studium der Karte gegönnte Zeit reichte aus, eine Copie aller Blätter in neunfacher Verkleinerung herzustellen. Sie soll die Grundlage einer Übersichtskarte der Insel im Maassstab 1 : 100000 bilden, welche vor dem Original wesentlich drei Vorzüge voraus haben wird: eine auf zahlreiche neue trigonometrische und barometrische Höhenmessungen gestützte genauere Darstellung des Reliefs, eine correctere und namentlich für die Terrainverhältnisse bereicherte Nomenclatur, eine den thatsächlichen Verhältnissen der Gegenwart entsprechende Übersicht der Strassenzüge.

Wie für die Kartographie gelang es auch für die Landeskunde von Korfu wichtige, bisher unbeachtete Quellen zu erschliessen. Prof. ROMANOS ist im Besitz von zwei Handschriften, in welchen Männer, denen eine ungewöhnlich genaue Kenntniss der Insel eigen war, in den ersten Jahrzehnten unseres Jahrhunderts ihr Wissen von der Natur und dem Culturzustande von Korfu niedergelegt haben. Das eine Manuscript (4° 85 Blätter) ist ein 1811 abgefasster Saggio di Statistica dell' Isola di Corfu von Dr. STELIO VLASSOPULO. Ausser manchen merkwürdigen Einzelheiten enthält es die älteste specielle Bevölkerungsstatistik der Insel aus dem Jahre 1803 und bietet eine willkommene Grundlage lehrreicher Vergleiche der damaligen und der heutigen Vertheilung der Bewohnerschaft über die Insel. Weit bedeutender ist die andere in englischer Sprache geschriebene Handschrift (4° 118 Blätter), welche wohl die Jahreszahl 1824, aber weder Namen noch Titel trägt. Sie umschliesst eine vollständige Naturbeschreibung der Insel Korfu mit besonderer Betonung geologischer und hygienischer Studien. Aus dem

Inhalt konnte man entnehmen, dass der Verfasser ein sicilianischer Arzt in englischen Diensten war. Wiewohl auch das Krankenhaus, dem er vorstand, sich ermitteln liess, blieben die Nachforschungen nach seinem Namen in London und in Korfu erfolglos. Erst auf einem Umwege mit Hülfe von Hennen's Sketches of the medical topography of the Mediterranean glückte der sichere Nachweis, dass der Autor ein Dr. Benza war, welcher von 1814—1831 in Korfu wirkte, dann mit Sir Fred. Adam nach Indien ging, dort geisteskrank wurde und nach der Rückkehr in einem Wahnsinnsanfall auf Malta sich das Leben nahm. Benza war von der Inselregierung mit einer geologischen Aufnahme von Korfu betraut und hat auf mehrjährigen Wanderungen bis in die entlegensten Theile der Insel einen Schatz von Beobachtungen gesammelt, der für jeden Nachfolger auf diesem Arbeitsfelde eine Fülle werthvoller Winke und zuverlässigen Materiales enthält. Der Schwerpunkt seiner geologischen Arbeit liegt in tüchtigen petrographischen Beschreibungen, die Stratigraphie ist minder consequent und minder glücklich behandelt, für palaeontologische Untersuchungen fehlte weniger die Neigung als die Gelegenheit. Bis vor Kurzem scheint, getrennt von der Handschrift Benza's, noch die ihr ursprünglich beigefügte geologische Übersichtskarte der Insel in Korfu vorhanden gewesen zu sein; die Bemühungen, welche der Consul des Deutschen Reiches, Hr. Martin Fels, auf meine Bitte unternahm, um auch diese Karte an's Tageslicht zu ziehen, blieben leider erfolglos; das Blatt scheint in den letzten Jahren verloren gegangen zu sein.

Aus dieser Hinterlassenschaft eines emsigen Beobachters entsprangen mannigfache Anregungen für die eigene Bewanderung der Insel, bei der naturgemäss nächst der Hauptarbeit, die Bodenformen messend und zeichnend sicherer zu erfassen, Beobachtungen über den Schichtenbau und die Verbreitung der auftretenden Gesteine in erster Linie standen. In einem Ländchen mit so scharf ausgeprägten klimatischen Eigenthümlichkeiten, überschwänglicher Fülle des Regens im Winterhalbjahr und strenger Dürre im heissen Sommer, hängt die Vertheilung der menschlichen Ansiedelungen und ihr Gedeihen hauptsächlich ab von dem Verhalten der einzelnen geologischen Gebilde gegen das von der Atmosphaere bald reichlich gespendete, bald vollkommen versagte Wasser. Der Geograph wird hier zur Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse unweigerlich gezwungen; vielleicht wird es ihm unter diesen Umständen nicht als Überhebung ausgelegt, wenn er in einem Gebiete, das die Geologen noch grossentheils ausser dem Bereich ihrer Studien liessen, ihnen einiges Material für die Beurtheilung des Aufbaues und der Altersstellung der hier auftretenden Ablagerungen zuzuführen sucht.

Das Gebirge, welches den Norden der Insel Korfu erfüllt, wird durch drei bemerkenswerthe Sättel in vier Abschnitte von wesentlich verschiedenem Charakter zerlegt. In dem Ostflügel, welcher von dem schmalen Kanal zwischen Insel und Festland westwärts allmählich immer höher anschwillt bis zu seiner bedeutendsten Erhebung, dem Berge Vigla (783^{m}), herrschen wohlgeschichtete, von Hornsteinlagen durchschossene Kalksteine mit vorwiegend östlichem Fallen. Es sind dieselben Gesteine, welche vor der Rhede von Korfu die Klippe Scoglio bruciato und einen Theil der Insel Vido, in Korfu selbst die Unterlage der Fortezza Vecchia und der Nordostecke der Stadt bilden. Dass sie dem Jura und vielleicht theilweise schon der unteren Kreideformation angehören, hatte man schon aus den Funden von Ammonitenresten, die PORTLOCK und M. NEUMAYR auf Vido gelangen, geschlossen. Am Nord- und Südfuss des Vigla-Berges bei den Dörfern Perithia und Siniés ruhen nun diese Schichten gleichsinnig auf einer nur etwa 40^{m} mächtigen Folge dunkelbauer Schiefer und grauer Mergelkalke, die an mehreren Punkten organische Einschlüsse führen, für deren genaue Untersuchung und Bestimmung ich Hrn. Prof. VON ZITTEL in München zu Dank verpflichtet bin. Von den oberen Lagen dieser dem Lias zuzuweisenden Schichten sind einzelne (bei den Brunnen der verlassenen Örtlichkeiten Karyá und Palaeospita, sowie bei den Brunnen des Dorfes Siniés) fast ganz erfüllt von dicht gehäuften Exemplaren der *Posidonomya Bronni.* In den tieferen Lagen treten bei Siniés und Perithia Ammoniten auf, die auf der Grenze des mittleren gegen den oberen Lias zu stehen scheinen. Unter diesen Liasschiefern und -Mergeln, um deren Quellen und Brunnen sich ursprünglich die Ansiedelungen schaarten, folgen wiederum plattige Kalke mit Hornsteinlagen, darunter aber bald — nur in tiefen Wasserrissen mangelhaft aufgeschlossen — krystallinisch körnige Kalke ohne deutliche Schichtung, wohl schon der Trias angehörig.

Überschreitet man, westwärts wandernd, die Thäler von Siniés und Perithia oder das zwischen ihnen liegende Joch am Westfuss des Vigla-Berges, so sieht man die Bildungen der Juraformation verschwinden unter einer discordant darauf ruhenden Schichtenfolge von Kalksteinen, welche den zweiten Abschnitt des korfiotischen Gebirges zusammensetzen, das stattliche Massiv, über dessen Karst-Hochfläche die höchsten Gipfel der Insel aufragen: am Ostrand über Siniés der Pantokrator (italienisch Salvatore 914^{m}), am Nordrand über Perithia der Lasis (Λάσης, gewöhnliche Bezeichnungsweise: 'ς τοῦ Λάση 827^{m}), an der Südwestecke über Spartilla der Stravoskiari (die oberste Zinne heisst Kutules 852^{m}). Das Alter dieser petrographisch recht mannigfaltig entwickelten Kalksteine ist durch keine Fossilführung bezeichnet,

nur durch die Lagerungsverhältnisse. Im Norden, Westen und Südwesten nämlich sieht man die ältesten Glieder dieser mächtigen Kalksteinreihe, die meist von südöstlichem Fallen beherrscht wird, gleichsinnig auflagern auf den Mergelschiefern und Sandsteinen des Macigno, der auf Korfu — ganz wie es M. Neumayr auf dem griechischen Festlande fand, — die Bildungen der Kreideformation in eine obere und eine untere Etage theilt. Der tiefe Sattel über Spartilla bezeichnet das Auftreten des Macigno in der Kammlinie. Auf dem im nordwestlichen Theile zu bedeutender Breite entwickelten Gürtel, mit welchem der Macigno das steilwandige Massiv der jüngeren Kreidekalke umgiebt, liegen Dörfer mit zahlreichen Brunnen und schönen Quellen: Spartilla, Sgurades, Omali, Nifès, Episkepsi, Agios Panteleïmon (italienisch S. Pantaleone).

Unter dem Macigno kommt westlich in dem dritten Theil des korfiotischen Gebirges die mächtige Reihe der unteren Kreidekalke zum Vorschein. Palaeontologische Merkmale sucht man meist vergebens: nur an einem Punkt in den alleroberstenGliedern dieser Etage fand ich schlecht erhaltene Fragmente von Hippuriten. Landschaftlich ist auf der Höhe des Gebirges das Auftreten zweier Kesselthäler mit Katavothren (westlich von Spartilla, oberhalb des Dorfes Agios Markos) bemerkenswerth und die auch manchen Lagen der jüngeren Kreidekalke eigene Bildung von Terra rossa. Sie trägt die Weinberge des auf der Kammhöhe des Gebirges selbst liegenden Dorfes Sokraki (455^m). Erst westlich von diesem erhebt sich das Gebirge noch einmal zu einem ansehnlichen Gipfel, der Tsuka (676^m), die den ausgedehnten Gebirgsabschnitt Pylides krönt.

Der tiefe Einschnitt des fahrbaren Passes des heiligen Panteleïmon (italienisch S. Pantaleone 315^m) sondert von diesen kahlen Höhen den Westflügel des korfiotischen Gebirges, dessen aussichtsreicher Gipfel Arakli oder Irakli (italienisch Ercole 500^m) westwärts niederschaut in die malerischen Buchten von Palaeokastritsa. In diesem westlichen Theile des Gebirges sind die Gewölbe der unteren Kreidekalke grossentheils verhüllt von einer recht zusammenhängenden Decke der Tertiärablagerungen, von denen sich auf den Gebirgshöhen weiter ostwärts nur einzelne schwache Spuren erhalten haben. Ältere Bildungen als cretaceische sind in diesem westlichen Theile des Hauptgebirges der Insel bisher nicht aufgefunden worden. Ganz ausgeschlossen ist indess die Möglichkeit, dass dies künftig noch geschehen kann, keineswegs.

Denn, wenn man von dem steilen Südabfall dieses Gebirges quer über die Schlucht, durch welche die Strasse nach Palaeokastritsa hinabsteigt, übergeht zu den Höhen, welche die Westküste des mittleren Inseltheiles begleiten, findet man ihren ersten ansehnlicheren Gipfel,

den Kurkuli über Giannades und Marmara, gebildet von Posidonomyen-Kalken und -Schiefern, die ganz so wie die von Siniés eingeschaltet sind zwischen plattige Kalke mit Hornsteinlagen. Da dieser Schichtencomplex von Gliedern des unteren Jura ein östliches Fallen aufweist und diese selbe Lagerung deutlich erkennbar den ganzen Höhenzug vom Ostfuss im Val di Roppa bis über den westlichen Steilabfall hinab in's Meer beherrscht, lässt sich mit grosser Wahrscheinlichkeit erwarten, dass man an der Steilküste zwischen dem Vorgebirge Plaka und der Bucht bei Liapades die ältesten überhaupt auf der Insel vorkommenden Schichten, Lias und Trias, in ansehnlicher Mächtigkeit aufgeschlossen finden wird. Leider vermochte ich den Besuch dieser Steilküste, der am besten in einem Boot bei stillem Wetter von Palaeokastritsa aus unternommen werden könnte, nicht mehr auszuführen. Eine genauere Untersuchung wird auch in den Schichten, welche auf dem Ostabhang des Höhenzuges die Posidonomyen-Kalke überlagern, noch auf organische Einschlüsse stossen; Hippuritenreste wurden bemerkt.

Weiter südwärts gelang es nicht, ähnliche Anhaltspunkte für die Altersbestimmung der Schichten dieses Gebirges zu finden. Die Lagerung bleibt dieselbe: immer östliches oder ostnordöstliches Fallen, ihm entsprechend eine mässige Steilheit der Höhen auf dem Osthang, dagegen im Westen der Steilabbruch der Schichtenköpfe gegen das Meer. Da aber dieser Bruchrand nicht die nahezu meridiane Richtung des Streichens innehält, sondern bedeutend nach Osten zurückweicht, entblösst er weiter südwärts nicht mehr Jura und untere Kreide, sondern jüngere Schichten. Schon über Giannades und Roppa treten, der Kreideformation aufgelagert, Conglomeratbänke von ansehnlicher Mächtigkeit auf. Diese Trümmergesteine setzen, wohlgeschichtet und zu beträchtlicher Mächtigkeit entwickelt, fast ganz allein den Agios Georgios (392^{m}), einen der ansehnlichsten Berge des Westufers, zusammen. Erst am First seines Kammes begegnet man einigen auf dem Conglomerat ruhenden Bänken eines schrattig verwitternden krystallinischen Kalksteins. Vielleicht gehört diesem selben Kalkhorizont der Aussichtsgipfel von Pelleka (272^{m}) an. Wenig südlich von diesem Orte verschwinden an einem auffallenden Felsengrat (Vigla) die Conglomerate ganz unter der Decke von Gypsen, die mit ihrem Geleit von Stinksteinen und bräunlich grauen Kalken nun bis jenseits Sinarades die Bildung des Kammes übernehmen. Erst in den Bergen von Pavliana (466^{m}) und Agios Matthias (465^{m}) treten wieder Conglomerate, Sandsteine und Kalksteine auf, für deren Altersbestimmung hier wie in den östlicheren Gebirgen Agi Deka, Stavrós, den Hügeln von Moraïtika und Klomó palaeontologische Merkmale zu fehlen scheinen.

Der Fuss dieser formenreichen, wenn auch nirgends zu bedeutender Höhe aufstrebenden Gebirge der Insel taucht, wo ihn nicht das Meer unmittelbar bespült, unter ein Vorland tertiärer Hügel hinab, die mit Ölwald in der Regel so dicht bekleidet sind, dass ein Blick in ihren geologischen Bau nur ganz ausnahmsweise gelingt. Bereits Unger hat zwei ausgedehnte zusammenhängende Tertiärgebiete auf der Insel unterschieden: das den Süden erfüllende von Levkimo und das der Inselmitte rings um Korfu. Ihnen muss indess — wie schon aus einzelnen Beobachtungen Mousson's geschlossen werden konnte — noch ein drittes hinzugefügt werden, welches die ganze Nordwestecke der Insel einnimmt.

Für die beim Mangel an Aufschlüssen nicht leichte Gliederung der Tertiärbildungen boten bisher die Untersuchungen von Unger und namentlich von Theodor Fuchs über die Fauna der Mergel und Sande von Levkimo den einzigen Leitstern; dazu traten nur ganz vereinzelte Fossilfunde aus der Umgebung von Korfu. Aber Alles, was man kannte, gehörte in's obere Pliocän. Jetzt glückte es, an mehreren Punkten der Insel, bei Alimatades, am Pass von Panteleïmona, bei Kanakades und Marmara im Val di Roppa und auf den Hügeln von Veripatades und Kalafationes fossilreiche Kalksteine zu finden, deren Fauna nach den Mittheilungen des Hrn. Dr. Theodor Fuchs, gegenwärtigen Leiters des K. K. Hofmineralienkabinets zu Wien, welcher sich freundlichst ihrer speciellen Untersuchung unterzogen hat, sicher miocän sind. Über die Folgerungen, welche sich aus diesen Funden und den Lagerungsverhältnissen der Fundorte ergeben, wird später näher zu berichten sein. Vorläufig genüge es, so viel zu bemerken, dass die mächtigen Gypsablagerungen zwischen Sinarades und Pelleka älter zu sein scheinen als die miocänen Kalke von Veripatades, und dass innerhalb der Pliocänbildungen drei petrographisch stark von einander abstechende Stufen sich unterscheiden lassen: zu unterst Gypse,[1] darüber blaue und graue Mergel, zu oberst Sande und Conglomerate. Von den drei Tertiärgebieten der Insel, deren Begrenzung jetzt zum ersten Male näher festgestellt wurde, zeigt nun jedes eine andere Altersstufe der Tertiärbildungen in vorwaltender Entwickelung. Für die landschaftlichen Eigenthümlichkeiten der Inselmitte, zumal ihres westlichen Theiles, ist der Gyps entscheidend. Er bedingt das Auftreten zahlreicher Kesselthäler, die Winters von Seen erfüllt sind, im Frühjahr sich durch unterirdische Abflüsse leeren. Dem Potamó ist sein Quellgebiet abhanden gekommen: es wird heut völlig von

[1] Schon Benza ahnte, dass zwei Gypsetagen verschiedenen Alters auf Korfu zu unterscheiden seien.

Katavothren (hier ῥουφίστραις genannt) entwässert, und die menschenleeren Ölwälder, welche zwischen Porto Govino und dem Val di Roppa sich ausbreiten, bergen eine Menge stiller, sumpfiger Becken, zwischen denen nur unterirdisch ein Netz dunkler Verbindungen sich spannt. In den beiden anderen Tertiärgebieten der Insel tritt der Gyps weit untergeordneter auf. Die Herrschaft führen im Süden, auf Levkimo's Boden, dürre Mergelhügel, im Nordwesten eine über die Mergel in ungemein weiter Ausdehnung sich hinbreitende Decke von Sanden und Conglomeraten.

In welcher Weise die hier in flüchtiger Übersicht aufgeführten geologischen Gebilde die Bewohnbarkeit und Culturfähigkeit der einzelnen Theile der Insel begründen und begrenzen, kann nur eine eingehende Specialdarstellung ausreichend klar legen.

Auf den Inseln Kephalonia und Ithaka forderte die zunächst liegende Aufgabe der Berichtigung der topographischen Karte höheren Arbeitsaufwand. Auch auf diesen Inseln haben die Engländer eine vollständige Aufnahme ausgeführt. Sie war vor einigen Jahren noch in Verwahrung der Militairbehörde zu Argostoli vorhanden, ist aber jetzt spurlos verschwunden. Noch lässt sich nicht sagen, ob dieser Verlust ganz unersetzlich ist oder ob vielleicht Copien dieser Karte existiren. Sicherlich würde man ihr Unrecht thun, wenn man auf ihren Werth aus den englischen Seekarten einen Schluss ziehen wollte. Die Blätter der Admiralität fussen allerdings zweifellos auf jener Originalaufnahme, benutzen sie aber nur für die Küstenlinie mit Sorgfalt, während sie das Innere mit unglaublicher Nachlässigkeit behandeln. Allein die englischen Seekarten enthalten auch Irrthümer, welche nicht auf unvollkommener Verwerthung der Quelle, sondern auf Fehlern der Quelle selbst zu beruhen scheinen. So sind die Höhenangaben sehr unzuverlässig; sie können nicht einmal auf relative Richtigkeit Anspruch machen. Dass z. B. das Gebirge der Nordhälfte Ithakas höher ist als die Erhebungen des südlichen Inseltheiles, oder dass der Berg Agia Dynati alle anderen Höhen der Nordhälfte Kephalonias überragt, würde schon ein Tourist leicht herausfinden. Die Hypsometrie der Inseln Kephalonia und Ithaka findet an diesen englischen Angaben keine Stütze, wohl aber an den recht zuverlässigen der französischen Karte von Griechenland.

Da nun die englischen Aufnahmen verschollen, die englischen Seekarten für das Innere der Inseln absolut werthlos sind und auch der Privatfleiss eines Kanelopulos und Valsamatos nicht so erfolgreich für die Vervollkommnung der topographischen Kenntniss Kephalonias gewirkt hat, wie es durch Gironci für Korfu geschah, blieb für die Ordnung der Topographie hier sehr viel zu leisten, und diese An-

forderung musste bestimmend werden für die Anlage und Verwerthung des Tourennetzes. Da bei dem Mangel einer bereits gemessenen Basis und bei der nicht ganz bequemen Gangbarkeit des Berglandes an eine vollständige Triangulation der Insel bei beschränkter Zeit nicht gedacht werden konnte, galt es durch Begehen des gesammten Inselterrains und durch Winkelmessungen mit sehr leicht transportirbaren Instrumenten die vielfach stark verschobene und auf weiten Strecken ganz lückenhafte Topographie der Insel in Ordnung zu bringen. Bei der excentrischen Lage der Hauptstadt und dem Mangel an Unterkunft für Fremde in den selten besuchten entlegeneren Theilen der Insel war es von grundlegender Bedeutung für die Durchführung meiner Arbeiten, dass der Vice-Consul des Deutschen Reiches, Hr. Ernst Toole, mir nicht nur im eigenen Hause den liebevollsten Empfang bereitete, sondern durch seine nachdrücklichen Empfehlungen mir die Gastfreundschaft der gebildetsten, landeskundigsten Männer in allen Landschaften Kephalonias erschloss.

Die unregelmässig gegliederten Umrisse von Kephalonia und Ithaka werden verständlich, wenn man festhält, dass die ganz überwiegend der oberen Kreideformation (Hippuriten- oder Rudistenkalk) angehörigen Gebirge dieser Inseln in drei parallele Züge gesondert werden durch zwei Thäler, welche von Südsüdost nach Nordnordwest verlaufen und grossentheils von Ablagerungen der Tertiärformation erfüllt sind. In das westliche Thal ist das Meer von Süden her eingedrungen mit der nur 20 bis 25^{m} tiefen Bucht, welche die Halbinsel von Lixuri vom Körper der Insel sondert. Das östliche Thal dagegen hat ein Eindringen des Meeres von Norden her erfahren: die Strasse zwischen Nord-Ithaka und der Nordhalbinsel Kephalonias (Erisso) hat auf beiden Ufern noch Reste der tertiären Gypse aufzuweisen, welche zusammen mit mächtigen quellreichen Mergellagen am Ostrand des Golfes und des daran sich schliessenden Thales von Same auftreten und weiterhin im Grunde des Thales Rakli bedeutend sich ausbreiten bis an den Pass von Pastra (270^{m}), über welchen tertiäre Mergel und Sandsteine fortstreichen bis an das Südufer der Insel. Ithaka also, dessen Südspitze durch ein Meer von mässiger Tiefe von Kephalonias östlichem Ufergebirg getrennt wird, kann als natürliche Fortsetzung dieses Gebirges gelten, als abgelöstes Glied des Körpers der mächtigeren Nachbarinsel.

Die schon in den Umrissen kräftig angedeutete Gliederung Kephalonias wird weiter geführt durch die Erhebung einer einst weit vollständiger bewaldeten Gebirgskette, die mit Höhen von 1600 bis 1000^{m} von Südost nach Nordwest die Insel der Länge nach durchzieht und vor der Entwickelung des modernen Strassennetzes den

Verkehr zwischen ihrer Ost- und Westabdachung äusserst wirksam einschränkte. Sie vollendete die cantonale Zersplitterung, welche für Kephalonia so naturgemäss ist, dass eine Schilderung der Insel sich ohne Schwierigkeit der politischen Eintheilung fügt, welche im Alterthum bestanden hat. Damals theilten zwei Städtepaare sich in die ertragreichen Gründe des Tertiärlandes der beiden Hauptthäler und in die Lehnen der darüber aufragenden Gebirge: im Westen Pale und Kranioi, im Osten Same und Pronnos.

Das Gebiet von Pale umfasste wohl die ganze Halbinsel von Lixuri, damals anscheinend ein gesegnetes Getreideland, heut reicher an Korinthen als alle anderen Theile der Insel zusammengenommen. Hier nimmt das unwirthliche Kalkgebirge der Kreideformation nur ganz geringen Raum ein. Um seine Flanken schlingt sich ein Gürtel miocäner Kalke und vor dem Ostfuss lagert ein breites hügeliges Vorland pliocäner Gypse, Mergel und Sande. Für die Kenntniss dieser fossilreichen Schichten, über welche eine sorgfältige ältere Arbeit von STRICKLAND und HAMILTON vorliegt, wurden einige neue Beiträge gewonnen. Der Schichtenfall des Pliocäns neigt sich durchweg nach Osten; die Hügel pflegen nach dieser Richtung sanft abzufallen, nach Westen den Steilabbruch ihrer Schichtenköpfe zu kehren. Davon zog das alte Städtchen Pale Nutzen: es lehnte an dem Osthang eines langgestreckten Küstenhügels (65^m), der gegen das noch kenntliche Hafenbassin in mässiger Neigung sich niederlässt, im Norden scharf abschneidet an der Durchbruchsschlucht eines aus der Halbinsel heraustretenden Baches und westwärts mit steilem Rande das Gefilde, die Mergelhügel und noch die höchsten Lehnen der Kalkberge überschaut.

Wie heut dem Korinthenhafen Lixuri die Hauptstadt Argostoli gegenüberliegt, so einst dem alten Pale das mächtigere Kranioi, dessen Ruinen im Hintergrunde der Seitenbucht von Argostoli einen durch Wasserrisse isolirten Vorsprung des Kalkgebirges decken. Die Ruinen sind die ausgedehntesten und die ältesten der Insel; die Absicht einer genauen Aufnahme der alten Stadtlage kam leider nicht zur Ausführung. Das Gebiet von Kranioi fand gewiss erst an der Hauptgebirgskette der Insel seine Grenze, umfing also sowohl das Hochthal des Jerasimos-Klosters (390^m), das im Schooss einer Mulde von Rudistenkalken liegt, wie auch das weite Tertiärland von Livato und die kleineren Tertiärsäume von Lurdata, Theramona und Mavrata, deren frische, quellreiche Gärten wunderbar abstechen von den breiten kahlen Trümmerhalden des Kalkgebirges, das nur um seine Gipfel noch schöne Reste des alten Tannenwaldes hegt. Die schönsten Theile dieses Waldes, der bis in unmittelbare Nähe der höchsten

Gipfel des Aenos (1620^{m}) emporreicht und mitunter die Verfolgung der versteinerungsreichen Schichtenreihe (Hippuritenkalke!) etwas erschwert, liegen auf der Nordostseite gegen das Thal Rakli zu, also auf dem Gebiete des alten Pronnos.

Diese Stadt beherrschte, nahe dem Meer, auf einem hohen Kalkkamm (140 bis 250^{m}) thronend, die unmittelbar an dem Nordfuss ihrer Felsen sich öffnende Schlucht, welche die überraschend kräftigen Gewässer des fruchtbaren, doch bei unzulänglicher Lufterneuerung ungesunden Thalkessels von Rakli in einem Bache vereint zum Meere entlässt. In den Ruinen beansprucht die Anlage des Zugangs zur Akropolis besonderes Interesse. Wie die Hauptstadt selbst auf dieser schroffen Höhe die bequemste östliche Pforte zu ihrem Gebiete überwachte, so erhob sich über dem südlichen Eingang zu diesem Thale, dem Pass von Pastra (270^{m}), in aussichtsreicher, imposanter Höhe (540^{m}) die geräumige Feste, welche das Volk heut *τῆς Συριᾶς τὸ κάστρο* nennt. Von beiden Festen wurden Planskizzen genommen. Im Norden liegt bei Digaletu die von Hippuritenkalk gebildete Wasserscheide gegen das samische Gebiet 500^{m} hoch. Diese hohe, breite Schwelle zwischen den Thälern von Same und Pronnos trug, wie der Districtsname Pyrgi andeutet, alte Grenzwehren. Ein solches *κάστρο*, von dem schon Riemann gehört, liegt 20 Minuten westlich von Digaletu bei einer Nikolaoskapelle; es ist ein kleiner unbedeutender Ring aus unbearbeiteten, schlecht zusammengesetzten Blöcken von geringer Grösse. Ein anderes soll, wie ich erfuhr, westlich von Kataracho, dem südlichen Nachbardorf von Digaletu, liegen. Das älteste und merkwürdigste dürfte indess das anscheinend noch keinem Reisenden bekannt gewordene »Soldatenschloss« (*τὸ κάστρο τοῦ σορδάτου*) unter Sophata, eine Viertelstunde nördlich von Digaletu sein. Es ist ein unregelmässiges Viereck von 44^{m}6, 27^{m}7, 25^{m}7, 24^{m}6 Seitenlänge, umgrenzt von einer noch 2 bis 3^{m} hohen Mauer grosser polygonaler, sorgfältig zusammengestellter Blöcke (manche 2^{m}4 lang, 1^{m}7 hoch, 1^{m}8 dick). In der Mitte erhebt sich eine durch ein verfallenes Kirchlein verdeckte runde Plattform aus prächtig bearbeiteten grossen Quadern; dabei die Spuren einer verschütteten Cisterne. Dieses Sperrfort liegt auf einem Vorsprung des ziemlich steilen Nordrandes, mit welchem die Hochfläche von Pyrgi abbricht gegen den Hintergrund des samischen Thales und beherrscht den einzigen in dieses Thal hinabführenden Hohlweg, der erst neuerdings durch eine der östlichen Thalwand abgewonnenen Strasse entwerthet worden ist. Eine Planskizze wird die höchst interessante Lage besser veranschaulichen.

Wahrscheinlich war diese kleine Feste der südlichste Posten in dem Grenzvertheidigungssystem, zu dessen Anlage die Samier durch

die weite Ausdehnung ihres Gebietes genöthigt wurden. Zwei solche alte Castelle liegen wenig nördlich vom samischen Avythos auf einer Höhe südlich von Muzakata; sie deckten speciell die ungemein quellreiche und deshalb gewiss sehr alte Dorfreihe, die an den östlichen Hängen des samischen Thales in dichter Folge von Muzakata über Zervata, Alevrata, Katapodata, Grisata, Zanetata bis in unmittelbare Nähe der Hauptstadt sich hinzog.

Besondere Schutzwehren bedurfte natürlich das von Same durch die breite Bucht getrennte Thal Pylaros. Schon Riemann hat über die dortigen Befestigungsreste aus guter Quelle Erkundigungen eingezogen und selbst die wichtigsten gesehen; aber ein volles Verständniss für die Bedeutung jener alten Werke kann nur eine kartographische Übersicht gewähren.

Auf der am weitesten von Same abliegenden Halbinsel Erisso kannte man Spuren des Alterthums in beträchtlicher Zahl nur von Porto Phiskardo. Im Inneren der Halbinsel war mir der Name Pyrgos aufgefallen. Leider unterblieb der Besuch des Ortes durch ein Missverständniss des Führers. Erst nachträglich erfuhr ich durch einen Lehrer aus jener Gegend, dass in Pyrgos wirklich alte mörtellose Mauern aus mächtigen, wohlgefugten Blöcken vorhanden seien. Es war ein besonderer Glücksfall, dass ein Münchener Archaeologe, Hr. Dr. Biedermann, den ich darauf hinwies, diese Lücke meiner Untersuchungen sofort ausfüllen konnte. Die Wahl eines festen Postens mitten auf den Höhen der Halbinsel war für den Schutz des Landes gegen Piraten sicher weit zweckmässiger, als die Anlage einer Küstenfestung gleich dem venetianischen Assos. Überdies lag Pyrgos an dem einzigen leidlich gangbaren Wege, der vor Herstellung der neuen Strasse Erisso durch den Pass Κακὸ Λαγγάδι im Norden des Καλὸν Ὄρος mit dem Thal Pylaros und allen übrigen Theilen der Insel in Verbindung brachte. Die Höhen der Halbinsel, welche nur durch staunenswerthe Arbeiten aus einer wasserlosen felsigen Wüstenei in ein ziemlich dicht besiedeltes Culturland verwandelt worden sind, bestehen aus Hippuritenkalk (längs des ganzen Weges von Karya nach Vary prächtige Versteinerungen!), der östlich fällt und die mässige Steilheit des Ostufers bedingt, während an der schroffen Westküste unter dem Hippuritenkalk dunkler gefärbte, röthliche Dolomite in beträchtlicher Mächtigkeit zum Vorschein kommen.

Das Hauptinteresse nehmen an der Ostseite von Kephalonia die Ruinen von Same in Anspruch. Trotz der Mühe, welche frühere Reisende, namentlich Riemann, auf ihre Schilderung verwendet haben, dürfte erst ein Plan der Stadtlage mit ihren gewaltigen Höhenunterschieden (Akropolis 275^{m}) geeignet sein, das Bild derselben auch

dem Fernbleibenden in klarer Anschaulichkeit vor Augen zu führen. Deshalb habe ich drei Tage auf die Aufnahme dieser Ruinen und ihrer nächsten Umgebung bis hinaus auf die Halbinsel von Dichalia verwendet. Je weniger die Geschichte von den alten Städten Kephalonia's zu berichten weiss, desto dringender ist vielleicht die Forderung, aus den auf unsere Zeit gekommenen Resten und aus der Natur der Örtlichkeiten eine annähernde Vorstellung von ihrer Machtentwickelung und den Wurzeln ihrer Kraft herzuleiten.

Von alle dem, was ich auf Kephalonia zu erzielen hoffte, ist Manches unerfüllt geblieben. Namentlich wurde wegen lang anhaltender Ungunst des Wetters die Bewanderung der Gebirge nicht in wünschenswerther Vollständigkeit durchgeführt. Nur den Aenos, den Atros, den Avgós — so heisst der Gebirgsstock, an den Same sich schmiegte —, Agia Dynati und Evmorphia konnte ich besuchen. Dazwischen blieben bedeutende Lücken, die allerdings bei einem Gebirge von nicht übermässig verwickeltem Bau minder schwer empfunden werden. Ganz unberührt blieben von meinen Wanderungen nur die äusserste Nordwestecke der Insel (Atheras) und ein ödes Gebirgsrevier zwischen Dilinata und dem Thal Pylaros.

Für Ithaka blieb mir — nachdem zweimal der Versuch die Insel zu erreichen, durch stürmisches Wetter, das die Schiffer in dem Kanal zwischen hohen Bergen ausserordentlich fürchten, vereitelt worden war, — nur die Zeit zu einer bei aller Anstrengung ziemlich flüchtigen Recognoscirung, die gerade zur Beseitigung der empfindlichsten Lücken und Fehler in der Topographie der Insel ausreichte, keineswegs zu einer speziellen Untersuchung, wie sie namentlich der geologisch mannigfaltige, gut cultivirte Norden verdient.

Bei allen Arbeiten auf den drei besuchten Inseln stand die Aufgabe der Verbesserung der topographischen und hypsometrischen Kenntniss im Vordergrunde; daneben wurde überall eine Vertiefung der geographischen Arbeit durch geologische Beobachtungen versucht. Wesentlich von diesen Gesichtspunkten aus dürfte auch der Alterthumskunde aus diesen Reisen einiger Nutzen erwachsen. Die inschriftliche Ausbeute ist für das Alterthum ganz geringfügig, für die venetianische Zeit etwas reicher. An sonstigen Resten des Alterthums wurde auf Korfu nichts, auf Kephalonia wenig durchaus neues gefunden. Aber vielleicht zeigt es sich, dass auf Grund der erworbenen Kenntniss auch dem Alten manche neue Seite abzugewinnen ist.

Ausgegeben am 22. Juli.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1886.
XXXVII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

22. Juli. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Curtius.

1. Hr. Tobler las: das Spruchgedicht des Girard Pateg.

Die Mittheilung erfolgt in den Abhandlungen.

2. Hr. Dillmann legte vor eine Abhandlung des Hrn. Prof. Dr. D. H. Müller in Wien: Sabäische Alterthümer in den Königlichen Museen zu Berlin.

Die Mittheilung erfolgt in einem der nächsten Sitzungsberichte.

Das ordentliche Mitglied der Königlichen Akademie der Wissenschaften Hr. Max Duncker ist am 21. Juli in Ansbach gestorben.

Über die zeitgeschichtlichen Beziehungen des platonischen Theätet.

Von E. Zeller.

(Vorgetragen am 24. Juni [s. oben S. 537].)

Wenn die Frage nach der Reihenfolge und der Abfassungszeit der platonischen Schriften die Freunde platonischer Forschung seit Schleiermacher auf's lebhafteste beschäftigt, so ist diess wohl begründet. Denn erst durch die Entscheidung dieser Frage würde uns nicht blos in den Schriften selbst manches erklärt und manche Beziehung der einen auf die andern aufgeschlossen, sondern wir würden auch in den Stand gesetzt, über die Entwicklung der platonischen Philosophie von dem Zeitpunkt an, in dem sich Plato zuerst in schriftlichen Darstellungen versuchte, auf gesicherter Grundlage zu urtheilen, ihre verschiedenen Stadien schärfer auseinanderzuhalten, ihren Gang zu bestimmen; und auch auf weitere Punkte, auf die Herausbildung der platonischen Lehre aus der sokratischen, die Zuverlässigkeit der aristotelischen Berichte über Plato, die Ächtheit oder Unächtheit einzelner Schriften, würde von hier aus ein erwünschtes Licht fallen. Leider hat aber jene Untersuchung mit grossen Schwierigkeiten zu kämpfen. Die wenigen Angaben alter Schriftsteller über die Abfassungszeit einiger Gespräche sind bald zu unzuverlässig, um auf sie bauen zu können, bald sagen sie uns nur, was wir aus ihnen selbst entnehmen konnten. Die Gespräche ihrerseits sind, als angebliche Berichte über sokratische Unterredungen, nur in einigen wenigen Fällen mit einander in eine solche Beziehung gesetzt, dass eines derselben ausdrücklich an ein früheres anknüpft; und was sich über ihre Reihenfolge aus dem Verhältniss erschliessen lässt, in dem sie ihrem Inhalt nach zu einander stehen, entbehrt nicht selten der wünschenswerthen Sicherheit. Selbst wenn ausdrücklich auf frühere Erörterungen verwiesen wird, kann man in einzelnen Fällen zweifelhaft sein, ob und wo sich diese in unsern platonischen Schriften finden oder ob sich die Verweisung auf mündliche Besprechungen bezieht.[1] Um so natürlicher ist es, dass allen jenen Hindeutungen auf Vor-

gänge, die über Sokrates' Tod herabreichen, wie sie sich Plato da und dort, und mehr als einmal mit der kühnsten Missachtung der Chronologie erlaubt hat,[2] die grösste Aufmerksamkeit geschenkt wurde, um mit ihrer Hülfe der Abfassungszeit der Schriften näher zu kommen, in denen sie sich finden; um so begreiflicher aber auch, wenn der Spürsinn der Forscher nicht immer davor bewahrt blieb, auf eine falsche Fährte zu gerathen, Beziehungen auf zeitgeschichtliche Ereignisse in Stellen zu suchen, die uns zu ihrer Annahme kein Recht geben, oder solche, die wirklich vorliegen, unrichtig zu deuten. Auch in den neueren Verhandlungen über den Theätet ist diese Gefahr, wie mir scheint, nicht immer vermieden worden. Eine erneuerte Untersuchung des Gegenstandes empfiehlt sich um so mehr, je tiefer unsere Ansicht über die Entwicklung der platonischen Philosophie von der Frage über die Abfassungszeit eines Werkes berührt wird, das von so grundlegender Bedeutung für Plato's Erkenntnisstheorie ist, und von seinem Verfasser selbst mit zwei weiteren wichtigen Schriften, dem Sophisten und dem Staatsmann, in eine so enge Verbindung gesetzt wird, wie der Theätet.

Diese Schrift besteht bekanntlich aus zwei Gesprächen, von denen das erste (142 A — 143 C) dem zweiten (143 D — 210 D) zur Einleitung dient. Der Sokratiker Euklides aus Megara hat seinen Freund Theätet, der schwer krank aus dem Feldlager bei Korinth nach Athen heimkehrt, ein Stück weit begleitet, trifft bei seiner Zurückkunft mit Terpsion zusammen und unterhält sich mit ihm über den Kranken. Diess gibt Veranlassung dazu, dass Euklides vorlesen lässt, was er sich über eine Unterredung aufgezeichnet hat, die Sokrates kurz vor seinem Tode, als bereits das Verfahren gegen ihn eröffnet war, mit dem Mathematiker Theodoros aus Kyrene und dem damals noch jungen Theätet geführt haben soll. Dieser zweite, angeblich von Euklid niedergeschriebene Dialog füllt den ganzen übrigen Umfang der Schrift aus. Kann nun die Abfassung der letzteren hienach nicht früher fallen als der Ausbruch des Krieges, an den sie anknüpft, so fragt es sich doch, an welchen Krieg wir bei diesem zu denken haben. In der Zeit zwischen Sokrates, und Plato's Tod waren zweimal athenische Heere in Korinth; das erstemal in dem grossen Bundesgenossenkriege, in welchem die Athener von Ol. 96, 2 (394 v. Chr.) bis zum Frieden des Antalkidas an den Kämpfen in der Umgebung dieser Stadt lebhaft betheiligt waren; und dann wieder drei Jahre nach der Schlacht bei Leuktra, Ol. 102, 4

[1] Vgl. hiezu meine Phil. d. Gr. II a, 423 ff.

[2] Den näheren Nachweis dieses Sachverhalts habe ich in den Abhandl. der philos.-histor. Kl. der Akademie 1873, S. 79 ff. gegeben.

(368 v. Chr.), als die Athener den Spartanern Hülfstruppen unter dem Befehl des Chabrias sandten, um den Einfall des Epaminondas in den Peloponnes am Isthmus abwehren zu helfen. (Xenoph. Hellen. VII, 1, 15 ff. Diod. XV, 68.)

Früher wurde nun allgemein angenommen, das Gespräch des Euklides mit Terpsion werde von Plato in jenen ersten korinthischen Krieg, und näher in eines seiner ersten Jahre verlegt (denn in den späteren, seit 392 v. Chr., wurde der Krieg nach Xenoph. Hellen. IV, 4, 14 überwiegend mit Söldnern geführt); und unsere Schrift werde wohl auch nicht lange nachher, etwa 392 v. Chr., verfasst sein. Dagegen will Munk[1], dem Ueberweg[2] und Bergk[3] beistimmen, unter dem korinthischen Krieg, aus dem Theätet heimkehrt, lieber den des Jahres 368 verstanden wissen; so dass die Abfassung des platonischen Gesprächs frühestens in eben dieses Jahr, möglicherweise auch einige Jahre später fallen würde. Für diese Annahme wird geltend gemacht, dass Plato in unserem Einleitungsgespräch 142 B mit entschiedener Hochschätzung von Theätet redet, indem er Terpsion auf die Nachricht von seiner Erkrankung ausrufen lässt: οἷον ἄνδρα λέγεις ἐν κινδύνῳ εἶναι! und dass er ebendaselbst 142 D Sokrates die Äusserung über ihn in den Mund legt: ὅτι πᾶσα ἀνάγκη εἴη τοῦτον ἐλλόγιμον γενέσθαι, εἴπερ εἰς ἡλικίαν ἔλθοι. Diess, glaubt man, habe von Theätet, der bei seinem Gespräch mit Sokrates noch μειράκιον genannt wird, um 392 v. Chr. unmöglich schon gesagt werden können, wogegen es 25 Jahre später auf den Mann, den auch Proklus (in Eucl. 66, 16. 67, 22. 68, 8 Friedl.) als einen hervorragenden Mathematiker bezeichnet, unbedingt passte. Es ist indessen nicht abzusehen, warum es um 392 bis 390 v. Chr. (denn ganz unmittelbar nach der angeblichen Zeit des Gesprächs braucht die platonische Schrift nicht verfasst zu sein) unpassend gewesen wäre. Wird auch Theätet 399 noch als μειράκιον bezeichnet, so bedeutet diess doch nicht, wie Munk (S. 392) meint, »einen jungen Menschen von höchstens 16 Jahren«, oder wie Christ (Plat. Stud. 43) übersetzt, einen »Knaben«, sondern jeder kann so heissen, der nicht mehr παῖς und noch nicht ἀνήρ ist: bei Plato (Symp. 233 A) wird Agathon zur Zeit seines ersten tragischen Sieges, bei Plutarch (Perikl. 36) der verheirathete Sohn des Perikles μειράκιον genannt.[4] Warum Plato von einem ihm nahestehenden jungen Mann,[5] dem er schon

[1] Die natürliche Ordnung der platonischen Schriften 391 f.
[2] Untersuch. über die Echtheit und Zeitfolge platonischer Schriften 227 f.
[3] Fünf Abhandlungen, herausgegeben von Hinrichs, S. 3 f.
[4] Wie ich schon Phil. d. Gr. IIa, 354 erinnert habe. Einiges weitere bei Schultheß, die Abfassungszeit d. plat. Theät. (Gymn. progr. Strassb. 1875), S. 28 f.
[5] Dass Theätet diess war, geht ganz abgesehen von der Frage, ob bei Suidas Θεαίτ. der platonische Schüler Theätet aus Heraklea von dem als Sokratiker bezeich-

bei dessen erstem Zusammentreffen mit Sokrates seine mathematische Befähigung bekunden lässt (Theät. 147 C. ff.), sieben oder mehr Jahre später nicht mit Anerkennung hätte reden und ihn als einen Mann bezeichnen können, von dem man sich wohl habe versprechen dürfen, dass er mit der Zeit Ausgezeichnetes leisten werde, lässt sich schlechterdings nicht absehen. Dagegen muss gefragt werden, ob wohl bei dem späteren korinthischen Kriege Theätet in den Jahren, die er 368 jedenfalls erreicht hatte, noch zur Theilnahme an einem Kriegszug in's Ausland verpflichtet gewesen wäre, für den Athen nach Diodor a. a. O. nur den kleineren Theil seiner waffenfähigen Bürger verwendet haben kann; denn dass der Mann der Wissenschaft in einem Falle, wo seine Vaterstadt unmittelbar nicht bedroht war, freiwillig an dem Feldzug theilgenommen hätte, ist nicht wahrscheinlich. Ebenso unwahrscheinlich ist es aber auch, dass Plato erst nach 368 v. Chr., als seine und Euklid's Wege sich seit Jahrzehenden getrennt hatten, durch die Art, wie er sein Gespräch einführt, zugleich mit Theätet auch Euklides das literarische Geschenk gemacht haben sollte, welches er ihm in den Jahren nicht gemacht hatte, in denen er ihm als Philosoph noch näher stand und die Gastfreundschaft, die er nach Sokrates' Tod bei ihm genossen hatte, noch frischer in seiner Erinnerung lebte; dass er andererseits erst in einem noch späteren Zeitpunkt jene kritische Auseinandersetzung mit der megarischen Lehre nöthig gefunden hätte, welche uns im Sophisten 242 B ff. vorliegt. Zu dieser Auseinandersetzung hatte er doch unstreitig eine viel dringendere Veranlassung in der Zeit, in welcher die Ideenlehre noch neu war, ihr Unterschied von der megarischen Metaphysik erst klar gelegt und begründet werden musste, als ein Vierteljahrhundert später, nachdem beide jedem, der sich darum bekümmerte, durch mündliche und schriftliche Mittheilung längst bekannt waren. Wir werden sie aber auch desshalb nicht so weit herabrücken können, weil sie uns sowohl die megarische Begriffsphilosophie als die Ideenlehre auf einer Entwicklungsstufe zeigt, auf der jene in der Ausschliessung der Vielheit aus dem Seienden, diese in der Ausschliessung der Bewegung aus den Ideen noch nicht so weit gegangen war, wie diess später der Fall war.[1] Und ähnlich ist auch über die unverkennbare Polemik des Theätet und des Sophisten gegen Antisthenes[2] zu urtheilen. Sollte dieser Philosoph auch nach

---

neten gleichnamigen Athener verschieden ist oder nicht, aus unserem Gespräch selbst klar hervor; dass er zugleich auch, wie Plato selbst, mit Euklides befreundet war, steht dem natürlich nicht im Wege. Dagegen entbehrt Bergk's Behauptung (a. a. O. 4, 1), er habe weder zu Sokrates' noch zu Plato's Schülern gehört, »sondern vielmehr an Euklides und die Megariker sich angeschlossen«, jeder Begründung.

[1] Man sehe hierüber Phil. d. Gr. IIa, 214 ff., 574 ff.

[2] Vergl. a. a. O. S. 241, 3. 248, 4. 253, 1

368 v. Chr. noch am Leben gewesen sein, so ist es doch sehr unwahrscheinlich, dass seine Angriffe auf Plato und die Entgegnungen des letzteren nicht der Zeit angehörten, in der diese beiden Sokratiker durch die Begründung philosophischer Schulen in Athen mit einander in Wettbewerb traten, sondern erst einer solchen, in der sie Jahrzehende neben einander gelebt und gewirkt hatten, und jeder nachgerade sich an die Eigenart des andern gewöhnt haben musste. Auch die Art, wie Euklid hier über Sokrates' Unterredung mit Theätet spricht, ist, wie mit Recht bemerkt wurde,[1] der Annahme nicht günstig, dass wir uns diese Unterredung nach Plato's Absicht von dem Gespräch zwischen Euklid und Terpsion um mehr als dreissig Jahre entfernt denken sollen. Denn wenn es schon eine starke Zumuthung ist, dass Terpsion seinem Freunde ansinnt, den Inhalt von Reden, welche vor sechs bis acht Jahren zwischen Sokrates und Theätet gewechselt worden sind, aus der Erinnerung zu berichten, so würde diese Zumuthung vollends alles Mass überschreiten, wenn es sich um Reden handelte, die ihm schon vor einunddreissig Jahren erzählt wurden, und man müsste unbedingt erwarten, dass Euklides der Erwiederung: so aus dem Gedächtniss könne er sie nicht wiedergeben, eine Hindeutung auf die lange inzwischen verflossene Zeit beigefügt hätte. Wenn diess unterblieben ist, wenn weder Terpsion noch Euklid an diesen bedenklichen Umstand erinnert, so kann uns diess nur in der Überzeugung befestigen, es handle sich hier eben nicht um Erinnerungen aus so entlegener Zeit; da, wo wirklich etwas vor vielen Jahren gehörtes wiedererzählt werden soll, im Eingang des Parmenides (126 C), unterlässt es Plato nicht, zu bemerken, dass der Erzähler den Inhalt seiner Erzählung sich durch sorgfältige Übung eingeprägt habe.

Ein Theil dieser Gründe steht nun auch der Annahme entgegen, dass mit dem Krieg, aus welchem Theätet heimkehrt, zwar der von 394 ff. gemeint, unser Gespräch aber etwa 20 Jahre später, nach 374 v. Chr., verfasst sei.[2] Auch abgesehen davon lässt sich aber eine so weite Entfernung seiner Abfassungszeit von den Ereignissen, an die es anknüpft, nicht annehmen. Plato verlegt allerdings die Unterredungen, über die er zu berichten vorgibt, nicht selten in einen Zeitpunkt, welcher von dem ihrer Abfassung um Jahrzehende abliegt, und in einigen Fällen, im Parmenides und Protagoras, sogar in einen solchen, der über sein eigenes Geburtsjahr hinaufreicht. Aber er spricht sich dann entweder über die Veranlassung, bei der ein Gespräch gehalten

[1] Schulthess, a. a. O. S. 30.

[2] Rohde a. d. a. O., namentlich Gött. Gel. Anz. 1884, S. 13. Auch Christ, Plat. Stud. 43 (Abhandl. d. Bayr. Akad. 1885, S. 495) neigt sich dieser Ansicht zu.

worden sein soll, so eingehend aus, dass der Leser darüber hinreichend unterrichtet ist, wie diess im Eingang zum Parmenides, zum Gastmahl, zum Phädo geschieht; oder er lässt die näheren Umstände so unbestimmt, dass wenig darauf ankommt, in welches Jahr das Gespräch gesetzt wird, wenn auch im Verlaufe desselben einzelne Züge hervortreten, die eine bestimmte Zeit der Gesprächführung voraussetzen, wie im Protagoras, im Gorgias, in der Republik. Hier dagegen haben wir zwar als Anknüpfungspunkt ein ganz bestimmtes Ereigniss: den korinthischen Krieg, aus dem Theätet krank zurückkommt; aber über die näheren Umstände desselben, die Zeit, in die er fiel, die beim Heer herrschende Seuche, die Betheiligung Theätet's an dem Feldzug, wird dem Leser nichts erzählt; alles dieses wird als bekannt vorausgesetzt. So konnte Plato verfahren, wenn unser Gespräch noch während des Krieges oder unmittelbar nachher verfasst wurde, denn da wusste jeder Leser, um welchen Krieg und welche Seuche es sich handelte. Denken wir uns dagegen dasselbe zwanzig oder mehr Jahre später geschrieben, so hätte Plato seinen Lesern hierüber Auskunft geben müssen. Er brauchte dazu nur dem Eingangsgespräch die Form des wiedererzählten Dialogs zu geben, das Hauptgespräch konnte die seinige behalten. Wenn er diess unterlassen hat, so muss er es überflüssig gefunden haben; und diess konnte er nur dann, wenn die Abfassung des Theätet den darin berührten Ereignissen so nahe stand, dass diese noch allgemein bekannt waren.

Die Einleitung unseres Werkes, die Unterredung Euklid's mit Terpsion, spricht daher entschieden dafür, dass seine Abfassung in die mittleren Jahre des Bundesgenossenkriegs, 392—390 v. Chr., also noch vor Plato's erste Reise nach Sicilien fällt.

In dem Hauptkörper desselben, dem Gespräch zwischen Sokrates und Theätet, ist es zunächst die grosse Episode 172 C bis 177 C, von der man vermuthet hat, dass sie gewisse Erscheinungen aus der Zeit berücksichtige, in der sie niedergeschrieben wurde, und dass bestimmte thatsächliche Veranlassungen Plato bewogen haben, den Gang seiner Untersuchung durch diese, an sich selbst sehr schönen und gehaltvollen, aber für das eigentliche Thema des Gesprächs entbehrlichen Erörterungen zu unterbrechen. Diese Vermuthung ist auch ohne Zweifel begründet. Die Frage ist nur, welches die Zeiterscheinungen waren, die Plato berücksichtigt, und ob wir dieselben im einzelnen nachzuweisen im Stande sind. Und in dieser Beziehung haben sich die neueren Ausleger, wie ich glaube, nicht selten mehr zugetraut, als sich überhaupt erreichen lässt, so lange uns die Verhältnisse, unter denen die platonischen Schriften verfasst wurden, nicht viel genauer bekannt sind, als diess bis jetzt der Fall ist und wahrscheinlich jemals der Fall sein wird.

Wenn Sokrates in diesem Abschnitt die Reden der Philosophen mit denen der Rhetoren vergleicht, die nur praktische Zwecke verfolgen, und sich um niedrige irdische Interessen drehen; wenn er die Unbrauchbarkeit für Geschäfte, welche den Philosophen vorgeworfen worden war, einestheils zwar einräumt, diese Unbrauchbarkeit jedoch daraus erklärt, dass der Philosoph sich um wichtigere Dinge kümmere, als um Gerichtsverhandlungen und um Streitigkeiten über das Mein und Dein, anderntheils aber jenen Vorwurf mit der Bemerkung zurückgibt, dass die Praktiker ihrerseits sich ebenso unbrauchbar zeigen, sobald es sich um die Dinge handle, die allein einen wahren Werth haben und einen freien Geist beschäftigen dürfen — wenn sich Sokrates mit jenen Gegnern der Philosophie, die sich für die allein praktischen Leute halten, und ihrer banausischen Einbildung so eingehend und nachdrücklich auseinandersetzt, so muss ihm allerdings eine bestimmte Veranlassung dazu vorgelegen haben. Dagegen sind wir durchaus nicht zu der Annahme genöthigt oder berechtigt, dass diese Veranlassung gerade in einem Vorkommniss aus Plato's eigenem Leben liege, welches dem Vorwurf Nahrung geben konnte, dass er ein unpraktischer, unbrauchbarer Mensch sei. MUNK (S. 39 b) denkt an die Erfahrungen, welche Plato am syrakusanischen Hofe gemacht hatte. Allein in seiner eigenen Ausführung findet sich kein Zug, der nach dieser Seite hinwiese. Nicht die Ungeschicklichkeit im Verkehr mit den Grossen der Erde, sondern die Unfähigkeit, seine Sache vor Gericht zu führen, die Unbekanntschaft mit der Agora und ihren Geschäften ist es, worin die Unbrauchbarkeit des Philosophen sich zeigt; wir befinden uns nicht auf dem Boden eines Tyrannenhofs, sondern auf dem einer griechischen Stadtrepublik. Es ist insofern nicht ohne Grund, wenn BERGK (S. 11 ff.) den Anlass zu unserer Auseinandersetzung lieber in einer Verhandlung vor Gericht suchen will, bei der Plato unangenehme Erfahrungen machte. Er findet dieselbe nämlich in jener Anklage, die nach dem Verlust von Oropos (Ol. 103, 2/3) gegen Chabrias, wie er annimmt Ol. 104, 1 (364/3 v. Chr.), von Leodamas wegen Landesverraths erhoben wurde. In diesem Processe soll Plato der einzige gewesen sein, der es wagte, für den Angeklagten das Wort zu ergreifen, und er soll desshalb von dem Sykophanten Krobylos mit dem Schicksal des Sokrates bedroht worden sein. So erzählt DIOGENES III, 23 f. ohne Nennung seiner Quelle mit einem λόγος ὅτι u. s. w. Bei dieser Gelegenheit, glaubt nun BERGK, habe Plato so schlechten Erfolg gehabt, dass er dafür Hohn und Spott in Fülle geerndtet haben werde, und eben hierauf werde unsere Stelle sich beziehen. Allein diese ganze Combination steht in jeder Beziehung auf schwachen Füssen. Wollen wir auch darauf kein Gewicht legen, dass der

Theätet nach Bergk erst sieben bis acht Jahre nach dem Process des Chabrias geschrieben sein soll, dass daher das Missgeschick, welches ihn in diesem traf, auf den Philosophen, der sonst (z. B. Rep. X, 607 B) die Scherze seiner Gegner nicht so tragisch nimmt, einen merkwürdig tiefen Eindruck gemacht haben müsste, so fragt es sich vor allem, wie es mit der Glaubwürdigkeit der von Diogenes überlieferten Angabe bestellt ist; und diese ist mehr als unsicher. So lange wir nicht wissen, wem dieser Compilator seine Erzählung entnommen hat, haben wir nicht die geringste Bürgschaft dafür, ob sie mehr thatsächlichen Grund hat, als z. B. die von demselben Diogenes II, 41 aus Justus von Tiberias übernommene, nachweislich falsche und auch von Bergk preisgegebene Anekdote über einen verunglückten Versuch Plato's, Sokrates vor Gericht zu vertheidigen; und wenn wir jene Angabe genauer prüfen, überzeugen wir uns sofort, wie unzuverlässig sie ist. Plato soll für Chabrias das Wort ergriffen haben, weil kein anderer sich dazu verstanden hatte. Aber aus der aristotelischen Rhetorik (III, 10. 1411 b 6) sehen wir, dass diess falsch ist, denn diese führt einige Worte aus der Rede an, in der Lykoleon Chabrias' Vertheidigung geführt und mit der er seine Freisprechung erwirkt hatte. Die Antwort ferner, welche Plato nach Diogenes Krobylos gegeben haben soll, ist ihm unverkennbar, mag es Bergk auch bestreiten, von einem solchen in den Mund gelegt, dem nicht allein die entsprechende Äusserung des Sokrates in der platonischen Apologie, sondern auch der stoische Sprachgebrauch des *καθῆκον* bekannt war.[1] Was bleibt dann aber von der ganzen Erzählung noch übrig? und welche Wahrscheinlichkeit hat es, dass Plato, seiner Unerfahrenheit in Gerichtsreden sich bewusst, sich trotzdem zu einer Vertheidigungsrede herbeigedrängt hätte, die den Erfolg des rechtsverständigen Vertheidigers nur in Zweifel gestellt haben würde. Wenn Plato, wie Bergk meint, als ein hochangesehener ausserhalb der politischen Parteien stehender Mann[2] für die Ehrenhaftigkeit des Chabrias Zeugniss ablegen wollte,

---

[1] Apol. 28 E sagt Sokrates den Athenern: Ich begienge ein grosses Unrecht, *εἰ ὅτε μέν με οἱ ἄρχοντες ἔταττον ... καὶ ἐν Ποτιδαίᾳ καὶ ἐν Ἀμφιπόλει καὶ ἐπὶ Δηλίῳ, τότε μὲν οὗ ἐκεῖνοι ἔταττον ἔμενον ὥσπερ καὶ ἄλλος τις καὶ ἐκινδύνευον ἀποθανεῖν, τοῦ δὲ θεοῦ τάττοντος ... ἐνταῦθα δὲ φοβηθεὶς ἢ θάνατον ἢ ἄλλο ὁτιοῦν πρᾶγμα λίποιμι τὴν τάξιν.* Bei Diog. sagt Plato dem Sykophanten: *καὶ ὅτε ὑπὲρ τῆς πατρίδος ἐστρατευόμην, ὑπέμενον τοὺς κινδύνους, καὶ νῦν ὑπὲρ τοῦ καθήκοντος διὰ φίλον ὑπομενῶ.* Diess lautet allerdings weit farbloser als das sokratische Wort mit seiner geistreichen Parallele zwischen dem Krieger, der seine von seinen Oberen, und dem Philosophen, der seine von der Gottheit ihm angewiesene Stellung mit Todesverachtung behauptet; aber der Grundgedanke, die Vergleichung der bürgerlichen Pflichterfüllung mit der militärischen, ist derselbe. Was den Ausdruck betrifft, so kommt der Singular *τὸ καθῆκον* in der abstracten Bedeutung: »die Pflicht« erst bei den Stoikern vor.

[2] Welches letztere er aber in Wirklichkeit weder war, noch dafür galt: wer den Staat und den Politikos schrieb, stand nicht ausserhalb der Parteien.

mochte er ihn zur Gerichtsverhandlung begleiten, aber er brauchte nicht selbst, als ein vor Gericht γέλωτα παρέχων εἰς φρέατά τε καὶ πᾶσαν ἀπορίαν ἐμπίπτων ὑπὸ ἀπορίας (Theät. 174 C) das Wort zu ergreifen. Dazu hätte er nur dann Anlass gehabt, wenn sich kein anderer, in solchen Geschäften geübterer Vertheidiger gefunden hätte. Eben diess setzt nun die Erzählung bei Diogenes voraus; und mit dieser Voraussetzung verliert sie ihr ganzes Motiv, mit ihr steht und fällt sie. Ist dieselbe daher nachweislich unrichtig, so lässt sich auch die ganze Angabe nicht halten, und die Vermuthung, dass die Auseinandersetzung des Theätet über die Verlegenheit des Philosophen vor Gericht sich auf den Process des Chabrias beziehe, verliert allen Boden.

Eine bestimmte Veranlassung wird jene Auseinandersetzung allerdings haben. Aber diese braucht nicht in einer Erfahrung zu bestehen, die Plato selbst bei dem Versuch einer praktischen Thätigkeit machte, sondern sie kann ebensogut darin liegen, dass sich Andere missliebig über die Philosophen geäussert und diesen die Vorwürfe gemacht hatten, gegen die sie Plato in der Stelle des Theätet in Schutz nimmt. Und dafür, dass es sich wirklich so verhielt, spricht die bekannte Stelle (174 C) über Thales, welcher über der Beobachtung der Sterne in einen Brunnen gefallen, und dafür von einer thracischen Sklavin verhöhnt worden sei. Wenn Sokrates noch zweimal auf dieses Geschichtchen zurückkommt, um den Gegnern zu sagen, dass der Philosoph zwar, wenn er vor Gericht stehe, nicht blos den Thracierinnen sondern auch dem übrigen Pöbel zu lachen gebe, jene eingebildeten Praktiker dagegen, die auf ihn herabsehen, wenn man mit ihnen über das Wesen des Sittlichen und die sittlichen Lebensaufgaben rede, zwar nicht Thracierinnen und ähnlichem Volk, aber jedem wirklich Gebildeten (174 C. 175 D), so weist diess entschieden darauf hin, dass ihm die Geschichte von Thales und der Sklavin von irgend einer Seite entgegengehalten worden war, um die Anwendung davon auf die Philosophie, oder wenigstens auf die spekulative Philosophie zu machen; und ebenso wird es sich dann wohl auch mit dem Vorwurf verhalten, dass die Philosophen vor Gericht und in praktischen Geschäften überhaupt nicht zu brauchen seien. In welcher Weise ihm diese Polemik entgegengetreten war, lässt sich nicht bestimmt sagen; doch möchte ich vermuthen, dass es in Schriften geschehen sei. Ob in mehreren oder in einer einzigen, lässt sich gleichfalls nicht mit Sicherheit ausmachen. Das Geschichtchen von Thales würde, wie ich anderwärts schon bemerkt habe (Phil. d. Gr. IIa, 248, 4),[1] auf Antisthenes passen,

[1] Und wie auch ROHDE Gött. Anz. 1884, 14 f. anerkennt.

und die Magd, welche Thales verspottet, könnte desshalb zu einer Thracierin gemacht sein, weil Antisthenes der Sohn einer thracischen Sklavin war. Dagegen scheint das, was über die Unbrauchbarkeit der Philosophen für Geschäfte und Gerichtsverhandlungen gesagt wird, eher von einem jener Rhetoren herzurühren, gegen die Plato im Gorgias und sonst so scharfe Angriffe gerichtet hat. Es ist indessen nicht nothwendig, dass unser Philosoph in der Stelle des Theätet nur einen einzigen Gegner im Auge hat, es ist vielmehr weit wahrscheinlicher, dass er sich hier in einer zusammenfassenden Erörterung mit mehr als Einem auseinandersetzt. Jene Redner, deren Angriffe gegen die praktische Untauglichkeit der Philosophen 172 D ff. zurückgewiesen werden, müssen von dem Cyniker, dem 174 A ff. zu gelten scheint, und beide müssen von denen, welche sich 175 B ihrer fünfundzwanzig Ahnen seit Herakles rühmen, und wohl auch von den Verfassern von Lobreden auf Könige und Tyrannen verschieden sein, von denen 174 D f. gesprochen wird. Noch weniger lässt sich annehmen, dass Plato's Äusserungen in unserem Abschnitt nicht blos derselben Menschenklasse, sondern einer und derselben Schrift gelten, von deren Beschaffenheit man sich schwerlich eine einheitliche Vorstellung bilden könnte. Nachdem er selbst seiner Auseinandersetzung diese allgemeinere Haltung gegeben hat, müssen wir uns begnügen, wenn es uns gelingt, den einen oder den anderen von den Fäden aufzufinden, die er in sie verwoben hat; alles Einzelne auf seine besonderen Veranlassungen zurückführen zu können, haben wir keine Aussicht.

Viel zutreffender, als Bergk's Versuch, unsere Stelle mit dem Process des Chabrias in Verbindung zu setzen, ist die von demselben und gleichzeitig von E. Rohde gemachte Wahrnehmung, dass sich in derselben S. 175, Af. auf einen spartanischen König beziehen müsse, der sich einer Anzahl von fünfundzwanzig Ahnen, von Herakles an gerechnet, rühmen konnte. An diese Bemerkung, deren Richtigkeit sofort einleuchtet, hat sich nun aber eine Reihe von Vermuthungen geknüpft, die sorgfältiger Prüfung bedürfen. Man stellte die platonischen Aeusserungen mit einer Aussage des Isokrates zusammen und schloss aus dieser Zusammenstellung, dass die ersteren nicht vor 374 v. Chr. niedergeschrieben sein können; man verstand unter dem spartanischen König, den Plato bei jenen Aeusserungen im Auge habe, den Agesilaos; und Bergk unternimmt sogar den Nachweis, dass sie erst der Zeit nach dem Tode des Agesilaos und nach der Abfassung der xenophontischen Lobschrift auf diesen König angehören, dass mithin der Theätet Ol. 105, 4 oder 106, 1 356/5 v. Chr. verfasst

sei.[1] Ich versuche es, die Begründung und die Haltbarkeit dieser Annahmen zu prüfen.

ISOKRATES sagt im Eingang seines Euagoras (IX, 3, 8): Es sei allerdings schwer, was er vorhabe: ἀνδρὸς ἀρετὴν διὰ λόγων ἐγκωμιάζειν, wie man diess daran sehen könne, dass die Weisen (οἱ περὶ τὴν φιλοσοφίαν ὄντες) zwar über alle möglichen anderweitigen Gegenstände zu sprechen unternehmen, περὶ δὲ τῶν τοιούτων οὐδεὶς πώποτ᾽ αὐτῶν συγγράφειν ἐπεχείρησεν. Hieraus schliesst man: da Isokrates mit seinem Euagoras die Lobreden auf Zeitgenossen zuerst aufgebracht habe, Plato aber im Theätet eine solche Lobrede auf einen spartanischen König berücksichtige, so müsse der Theätet jünger sein, als die isokratische Schrift, welche einige Zeit, vielleicht sogar ein paar Jahre nach dem Tode des Königs Euagoras verfasst wurde; und da nun der letztere Ol. 101, 3 (374/3 v. Chr.) fällt, könne der Theätet frühestens einige Jahre nach diesem Zeitpunkt angesetzt werden.

Ich will nun hier nicht untersuchen, ob die soeben angeführte Aussage des Isokrates unbedingt glaubwürdig ist, und ob wir dem eiteln, seiner Verdienste sich nicht allein bewussten, sondern auch zu ihrer Überschätzung in hohem Grade geneigten Mann Unrecht thäten, wenn wir ihm zutrauten, er habe möglicherweise einzelne Vorgänger in einer Gattung, deren Schöpfer er sein will, ignorirt. Ich beschränke mich auf die Frage, welchen Sinn diese Aussage hat und haben kann, wenn sie wahr ist. Und hier liegt nun zunächst am Tage, dass es sich bei Isokrates nur um geschriebene, nicht um gesprochene Enkomien handelt; dass sich mithin seine Behauptung auf solche Lobeserhebungen nicht mit bezieht, die einem Manne von seinen Zeitgenossen im Gespräch oder auch in öffentlicher Rede ertheilt werden, falls diese nicht als Schrift erscheint. Denn nur das leugnet er, dass einer seiner Vorgänger über einen Gegenstand, wie der von ihm behandelte, geschrieben habe (οὐδεὶς συγγράφειν ἐπεχείρησεν). Ebensowenig werden durch seine Äusserung Lobgedichte auf die ἀρετή eines Mannes, deren es ja nicht erst seit Pindar genug gab, ausgeschlossen; er setzt vielmehr §. 9f. ausführlich auseinander, wie viele Vortheile die Dichter, wenn sie jemand loben wollen, vor dem Redner voraushaben. Was er leugnet, ist demnach nur, dass es vor seinem Euagoras prosaische Schriften (λόγοι) gegeben habe, welche sich die Aufgabe stellten, die Tugend eines Mannes zu preisen. Auch diese Aussage muss aber, wenn sie richtig sein soll, noch erheblich beschränkt werden. Denn wollen wir auch nicht an die Epitaphien

---

[1] BERGK, Fünf Abhandl. S. 5 bis 9. ROHDE, Jahrb. f. class. Philol. 1881, S. 321 bis 326. 1882, S. 81 bis 90. Gött. Gel. Anz. 1884, S. 13ff. (Anzeige der BERGK'schen Schrift.) CHRIST, Plat. Stud. S. 43f.

erinnern, die doch gar kein anderes Thema haben, als die Lobpreisung der Gefallenen für ihre ἀρετή, wollen wir ebenso von solchen Lobsprüchen absehen, welche ein Geschichtschreiber im Verlauf seiner Darstellung einer von den handelnden Personen ertheilt, wie Thucydides (II, 65) in seiner Charakteristik des Perikles, so besitzen doch wir selbst noch eine Rede, welche volle zehen Jahre vor dem Tode des Euagoras niedergeschrieben, die Aufgabe, ἀνδρὸς ἀρετὴν διὰ λόγων ἐγκωμιάζειν, in der glänzendsten Weise gelöst hat, in jener Lobrede, die Alcibiades im platonischen Gastmahl auf Sokrates hält. Auch eine solche Darstellung müsste daher Isokrates, wenn seine Aussage richtig sein soll, nicht zu denjenigen Enkomien gerechnet haben, deren erstes Beispiel er mit seinem Euagoras gegeben zu haben versichert, wiewohl Plato selbst (Symp. 214. Df. 215 A. 222 E. 223 A) sie ausdrücklich als Lobrede (ἐπαινεῖν, ἐγκωμιάζειν) bezeichnet; er würde — immer die Wahrheit seiner Angabe vorausgesetzt — nur behaupten, dass niemand vor ihm eine Schrift in Prosa verfasst habe, welche in der gleichen Weise, wie sein Euagoras, als selbständige Rede die Aufgabe hatte, die Thaten und Tugenden eines einzelnen von seinen Zeitgenossen zu verherrlichen.

Nöthigt uns nun irgend etwas in der Stelle des Theätet (174 C bis 175 B) zu der Annahme, dass Plato eine Lobschrift dieser Art auf einen spartanischen König vorgelegen habe? Wenn der Philosoph, sagt Plato, vor Gericht oder im Gespräch über alltägliche Dinge zu reden hat, macht er sich lächerlich; denn wenn man sich zankt, weiss er keinem etwas Schlechtes nachzusagen, weil er sich nie damit abgegeben hat; »handelt es sich andererseits darum, andere zu loben und zu rühmen, so erscheint er albern, wenn man sieht, wie er darüber nicht blos zum Scheine, sondern im Ernst lacht. Denn wenn er einen Tyrannen oder einen König lobpreisen hört, so kommt es ihm vor, als hörte er die Glückseligkeit eines Schweinehirten, eines Schäfers oder eines Kuhhirten rühmen, der einen grossen Milchertrag hat.... Hört er, dass jemand, der 10000 oder mehr Morgen Landes besitzt, wunder wie viel habe, so meint er, das sei recht wenig, da er gewohnt ist, seinen Blick auf die ganze Erde zu richten. Preist man die Herkunft und sagt, es sei jemand von adligem Geschlecht, da er sieben reiche Ahnen aufweisen könne, so denkt er, das können nur stumpf- und kurzsichtige Leute bewundern, die zu ungebildet seien, um die Dinge im grossen zu betrachten und sich klar zu machen, dass ein jeder ungezählte Myriaden von Ahnen und Vorfahren hat, unter denen sich bei jedem viele Tausende von Reichen und von Bettlern, von Königen und von Sklaven, von Barbaren und Hellenen befinden; und wenn die Leute sich etwas darauf einbilden, dass sie

einen Stammbaum mit 25 Ahnen haben, und denselben auf Herakles, den Sohn des Amphitryon, zurückführen, so findet er diess unbegreiflich armselig, und lacht über ihre Unfähigkeit zu erwägen, dass der fünfundzwanzigste von Amphitryon aufwärts und der fünfzigste von diesem eben waren, wie es der Zufall mit sich brachte, und sich durch diese Erwägung von ihrer thörichten Aufgeblasenheit zu befreien. In allen diesen Dingen wird ein solcher von der Masse der Menschen verlacht, weil er, wie sie meinen, einestheils hochmüthig ist, anderntheils das, was ihm vor den Füssen liegt, nicht kennt und darüber keinen Bescheid weiss.« In dieser ganzen Auseinandersetzung steht kein Wort, welches auf eine Lobschrift zu Ehren eines einzelnen Mannes, auf ein Enkomium derselben Art, wie der Euagoras des Isokrates, hindeutete. Es handelt sich lediglich darum, dass dem Philosophen alle die gewöhnlichen Lobpreisungen vermeintlicher Vorzüge verkehrt und kleinlich erscheinen, weil er in den Dingen, worauf jene Lobpreisungen sich beziehen, keine wirklichen Vorzüge, nichts Grosses und nichts, was den Menschen glücklich macht, zu sehen wisse. Dagegen ist schlechterdings nicht davon die Rede, in welcher Form die Dinge gepriesen werden, denen der Philosoph ihren Werth abspricht: ob in Versen oder in Prosa, im Gespräche, in Reden oder in Schriften; und sind die letzteren auch nicht ausdrücklich ausgeschlossen, so findet sich doch auch nicht das geringste in unserem Abschnitt, was auf sie hinwiese: alles, was er sagt, erklärt sich auch dann vollkommen, wenn man bei den Lobpreisungen der Fürsten und der Reichen an gar nichts weiter denkt, als an die Urtheile, die gesprächsweise oder sonst in mündlicher Rede gefällt werden.[1] Mag daher Isokrates mit seiner Behauptung, dass niemand vor ihm es versucht habe, ἀνδρὸς ἀρετὴν διὰ λόγων ἐγκωμιάζειν — mag er mit dieser Behauptung in seinem Rechte sein oder nicht: die Frage über die Abfassungszeit des Theätet wird davon nicht berührt, weil im Theätet einer L o b s c h r i f t auf einen Fürsten oder irgend einen andern überhaupt nicht gedacht wird.

Hieran wird auch durch den Umstand nichts geändert, dass unter denen, welche sich auf ihre Ahnen etwas einbilden, solche genannt werden, die sich eines bis auf Herakles hinaufreichenden Stammbaums von 25 Ahnen rühmen. Diess muss allerdings auf ein Fürstengeschlecht gehen, das die Reihe seiner Ahnen bis zu Herakles hinauf verfolgte; und da Plato die bestimmte Zahl von 25 Ahnen

[1] So mit Recht schon Köstlin in der dritten Auflage von Schwegler's Gesch. d. griech. Phil. S. 460. Was Rohde, Jahrb. f. cl. Philol. 1882, 82 f. gegen ihn bemerkt, beweist nur, dass Plato's Worte auch mit der Beziehung auf schriftliche Enkomien sich vertragen, aber nicht, dass sie dieselbe fordern.

zweimal ausdrücklich erwähnt, muss er bei seiner Polemik einen bestimmten Fürsten im Auge haben, dessen Ahnenreihe von Herakles an 25 Glieder zählte. Nun kennen wir zwei heraklidische Königsgeschlechter: das der spartanischen und das der macedonischen Könige. Auf die letzteren kann sich aber Plato's Tadel nicht beziehen. Denn in der macedonischen Königsreihe (bei Sync. S. 499 ff.) ist derjenige, welchem bis auf Herakles, diesen miteingeschlossen, 25 Ahnen zugeschrieben werden, erst Alexander d. Gr.; und wollte man statt seiner seinen Vater Philipp, als den fünfundzwanzigsten seit Herakles, setzen, wozu man doch nicht das geringste Recht hat, so müsste man die Abfassungszeit des Theätet immer noch so spät ansetzen, wie diess aus anderweitigen Gründen unmöglich ist: da Philipp 359 v. Chr. zur Regierung kam, müsste der Theätet und alle die Gespräche, die ihn voraussetzen, erst in Plato's letzten zehen oder zwölf Lebensjahren verfasst sein. Dass es mithin ein spartanischer König ist, auf den Plato's Äusserungen sich beziehen, steht ausser Zweifel. Aber nichts deutet darauf hin, dass ihm gerade eine schriftlich verfasste Lobrede auf diesen König vorlag, in der seine 25 heraklidischen Ahnen gerühmt wurden. Sondern es kann diess in einer beliebigen anderweitigen Art geschehen sein. Es kann bei seinem Regierungsantritt verkündigt worden sein, der wievielte seit Herakles er sei, wie diess wirklich in Sparta üblich gewesen zu sein scheint;[1] es kann bei dieser oder einer anderen Veranlassung in Athen oder in gewissen Kreisen der athenischen Gesellschaft besprochen, in einem Lobgedicht oder von einem Redner berührt worden sein; möglich aber auch, dass er selbst etwas geäussert oder gethan hatte, woraus sein Stolz auf die 25 Ahnen hervorgieng, und dass Plato desshalb nicht von solchen redet, die darum gerühmt *werden*, sondern von solchen, die sich selbst damit brüsten. Unsere Stelle gibt darüber keine Auskunft. Nur soviel erhellt aus ihr, dass zu der Zeit, in der sie niedergeschrieben wurde, in Sparta ein König regierte, der von Herakles an 25 Ahnen zählte.

Dieser König, glauben nun Bergk und Rohde, sei kein anderer als Agesilaos. Allein dieser hatte, von Herakles an gezählt und diesen selbst mit eingerechnet, nicht 25, sondern nur 23 Ahnen. Um diesen Anstoss zu beseitigen will Bergk die vormundschaftliche Regierung Lykurg's mitzählen, so dass Agesilaos der fünfundzwanzigste von Herakles an wäre. Diess ist jedoch durchaus unzulässig.

[1] Vergl. Xenoph. Agesil. 1, 2: *περὶ μὲν οὖν εὐγενείας αὐτοῦ τί ἄν τις μεῖζον καὶ κάλλιον εἰπεῖν ἔχοι, ἢ ὅτι ἔτι καὶ νῦν τοῖς προγόνοις ὀνομαζομένοις ἀπομνημονεύεται, ὁπόστος ἐγένετο ἀφ' Ἡρακλέους*, und die Aufzählung der Ahnen des Leotychides bei Herodot VIII, 131.

Wenn Lykurg auch eine Zeit lang als Vormund regierte, kann er doch weder unter den spartanischen Königen noch unter den Ahnen dieser Könige mitgezählt werden, denn ein Reichsverweser ist kein König und ein Seitenverwandter keiner von den Ahnen; und sein Name findet sich auch in keiner von den alten Königslisten, weder bei Herodot VIII, 131 noch bei Pausanias III, 7. Auf andere Art hilft sich Rohde.[1] Indem er die zwei Königslisten des Herodot und Pausanias verbindet, gewinnt er für Agesilaos von Herakles an und diesen mitgezählt 24 Ahnen. Aber wenn auch diese beiden Listen in den Namen mehrfach von einander abweichen, stimmen sie doch darin überein, dass in beiden Leotychides, der Ururgrossvater des Agesilaos, der sechszehnte Nachkomme des Prokles, der zwanzigste des Herakles (diesen selbst mitgezählt) ist. Dadurch wird ausser Zweifel gestellt, dass nach der officiellen Zählung der heraklidischen Ahnen die Zahl zwanzig für Leotychides feststand, dass somit sein Ururenkel Agesilaos nicht als der fünfundzwanzigste, sondern nur als der vierundzwanzigste gezählt werden konnte. Wäre er aber auch der fünfundzwanzigste gewesen, so würde Plato's Beschreibung immer noch nicht auf ihn passen. Denn Plato redet Theät. 175 A nicht von einem πεντεκαιεικοστὸς ἀπὸ Ἡρακλέους, sondern von einem solchen, der 25 Ahnen seit Herakles hat (ἐπὶ πέντε καὶ εἴκοσι καταλόγῳ προγόνων σεμνυνομένων). Dass aber dieser Ausdruck auch im Sinne von jenem gebraucht sein könne, wird durch die Stellen, welche Rohde (a. a. O. S. 322) dafür anführt, Her. I, 91. VIII, 137, nicht bewiesen. Wenn in der ersten von diesen Stellen Gyges, der Ururgrossvater des Krösus (Her. I, 14—18) sein πέμπτον γένος, in der zweiten Perdikkas, dessen Nachkomme in der sechsten Generation Alexander I von Macedonien war (Her. VIII, 139), dessen ἕβδομος γενέτωρ genannt wird, so haben wir nur den bekannten Sprachgebrauch, dem zufolge bei der Angabe der Entfernungen zwischen dem ersten und letzten Glied einer Reihe diese beiden mitgezählt werden, so dass also z. B. der Enkel der τρίτος ἀπὸ τοῦ πάππου, dieser der dritte Vorfahre des Enkels, d. h. derjenige Vorfahre desselben genannt werden kann, welcher, vom Enkel an gezählt und diesen mitgezählt, der dritte ist. Daraus folgt aber nicht, dass demjenigen, dessen fünfundzwanzigster πρόγονος Herakles genannt werden kann, auch 25 πρόγονοι ἀπὸ Ἡρακλέους beigelegt werden können. Jenes kann nach griechischem Sprachgebrauch richtig sein, denn Herakles ist sein Ahne und ist in der Reihe seines Geschlechts, von ihm selbst an rückwärts gezählt, der fünfundzwanzigste; dieses wäre unrichtig, denn seiner Ahnen sind es nur 24, und indem diese

[1] Jahrbb. f. class. Phil. 1881, S. 321.

für sich gezählt werden, werden sie von ihm selbst unterschieden und er kann nicht zu ihnen gerechnet werden. Die Fälle, mit denen Rohde seine Deutung unserer Stelle stützen zu können glaubt, sind derselben nicht wirklich analog; so lange nicht zutreffendere Beispiele der von ihm angenommenen Ausdrucksweise aufgezeigt werden, erscheint seine Erklärung nicht berechtigt. Agesilaos kann daher nicht derjenige sein, an welchen Plato in der Stelle des Theätet denkt. Dieser kann überhaupt nicht in dem Geschlecht der Prokliden gesucht werden, zu dem Agesilaos gehörte, denn um unter ihnen einen König mit 25 Ahnen seit Herakles zu finden, müsste man bis über Plato's Tod herabgehen. Dagegen zeigt uns das Geschlecht der Eurystheniden einen König, auf den Plato's Beschreibung genau passt, in Agesipolis, dem jüngeren Collegen des Agesilaos. Dieser Fürst kam gleichzeitig mit dem Ausbruch des grossen korinthischen Krieges, 394 v. Chr., zur Regierung; da er aber damals noch minderjährig war, konnte er erst im dritten oder vierten Jahr des Krieges, 392 oder 391 v. Chr., die Führung eines Heeres übernehmen, mit dem er in Argolis einfiel und sich ausdrücklich bemühte, die Erfolge, welche Agesilaos ein oder zwei Jahre zuvor hier davongetragen hatte, dadurch zu überbieten, dass er die Verwüstung des Landes und die Annäherung an die Mauern von Argos um ein Stück weiter ausdehnte als dieser (Xen. Hell. IV, 7). Es ist sehr möglich, dass gerade dieser Erfolg dem ehrgeizigen jungen Mann zu einer Äusserung Anlass gab, in der auch seiner heraklidischen Vorfahren gedacht wurde, oder dass andere rühmend hervorhoben, wie würdig er sich gleich bei der ersten Probe seiner 25 Ahnen gezeigt habe, und dass eben diess Plato's Tadel hervorrief. Jedenfalls aber kann nur er es sein, dem dieser Tadel zunächst gilt, denn er ist der einzige spartanische König aus Plato's Zeit, der sich mit 25 Ahnen aus dem Hause der Herakliden brüsten konnte.[1]

Hieraus geht nun hervor, dass der korinthische Krieg, aus dem Theätet im Eingang unseres Gesprächs krank heimkehrt, nur der erste, von 394 bis 387 v. Chr. geführte, sein kann, denn der zweite, von 368, fällt zwölf Jahre nach Agesipolis' Tod. Muss ferner der Dialog auch nicht unmittelbar nach den in seiner Einleitung berührten Vorgängen verfasst sein, so ist es doch aus den früher angegebenen Gründen sehr unwahrscheinlich, dass seine Abfassung um mehrere Jahre von ihnen abliegt. Da endlich der Ausfall gegen diejenigen, welche sich ihrer 25 Ahnen seit Herakles rühmen, nur dann motivirt und nur dann dem Leser verständlich war, wenn er sich auf etwas eben

[1] Es ist daher das gerade Gegentheil des wirklichen Sachverhalts, wenn Bergk S. 7 behauptet, das Haus der Eurystheniden weise zu Plato's Lebzeiten zu hohe Ahnenzahlen auf, um an sie denken zu können.

erst vorgekommenes bezog, und da für jenes Rühmen das erste selbständige Auftreten des jungen spartanischen Königs die schicklichste Veranlassung bietet, so ist es mir das wahrscheinlichste, dass der Theätet unmittelbar nach Agesipolis' Feldzug gegen Argos, um 391 v. Chr., verfasst, oder wenigstens in diesem Zeitpunkt veröffentlicht worden ist; wobei immerhin die Möglichkeit offen bliebe, dass S. 143 D — 172 B und 177 C bis zum Schlusse schón etwas früher niedergeschrieben waren, und nur das Einleitungsgespräch und die Episode 172 C — 177 C jetzt erst beigefügt worden.

Dieses Ergebniss wird mich nun der Aufgabe überheben, auf eine weitere, schon oben berührte Vermuthung näher einzugehen, die Bergk (a. a. O. S. 7 ff.) zu begründen versucht hat, mit der er aber bis jetzt allein steht,[1] dass nämlich die Lobschrift auf Agesilaos, gegen die sich Plato im Theätet wende, keine andere sei, als der xenophontische Agesilaos. An einer positiven Begründung dieser Hypothese fehlt es der Bergk'schen Abhandlung ganz und gar; nachdem sich uns daher ihre allgemeinen Voraussetzungen hinfällig gezeigt haben, ist eine besondere Widerlegung derselben entbehrlich.[2]

Auch die Vermuthung, dass Theät. 175 C ff. dem Isokrates gelte,[3] hat bereits Rohde[4] ausreichend widerlegt. Wir haben überhaupt keinen Grund diese Stelle auf eine einzelne Person, und nicht vielmehr auf eine ganze Menschenclasse zu beziehen; am wenigsten liesse sich aber in dem δριμὺς καὶ δικανικὸς, dem Plato hier entgegentritt, in dem Advocaten, der sich nur auf Rechtsstreitigkeiten und auf δουλικὰ διακονήματα versteht, Isokrates wiedererkennen, von dem auch Plato selbst im Euthydem (304 D ff.) ein so ganz anderes Bild entwirft. Über das Verhältniss des Philosophen zu Isokrates lässt sich dem Theätet nichts entnehmen.

[1] Ausdrücklich und mit guten Gründen wendet sich gegen sie Rohde, Gött. Gel. Anz. 1884, S. 14 f.

[2] Und das gleiche gilt von dem Einfall (a. a. O. S. 9 f.), dass Theät. 175 C, statt Madvig's sinnreicher Emendation: κεκτημένος ταὺ χρυσίου, zu setzen sei: κεκτ. Ταὼ χρυσίου, das Gold des aegyptischen Tachos, d. h. das, welches Agesilaos bei seiner Abreise aus Aegyten, unmittelbar vor seinem Tode, von Nektanebis erhielt.

[3] Bergk, a. a. O. S. 18 ff.

[4] A. a. O. S. 16 f.

Ausgegeben am 29. Juli.

1886.

XXXVIII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

22. Juli. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Auwers.

1. Hr. Pringsheim las über die vermeintliche Zersetzung der Kohlensäure durch den Chlorophyllfarbstoff.

2. Hr. Schwendener las: zur Wortmann'schen Theorie des Windens.

3. Hr. Fuchs las: über diejenigen algebraischen Gebilde, welche eine Involution zulassen.

4. Hr. von Helmholtz legte eine Abhandlung der HH. Dr. A. König und Dr. C. Dieterici hierselbst vor: die Grundempfindungen und ihre Intensitätsvertheilung im Spectrum.

5. Hr. Virchow übergab eine Mittheilung des Hrn. Frank Calvert über Meteorsteinfälle am Hellespont.

6. Hr. Schulze legte eine Mittheilung des Hrn. Prof. A. Goette in Rostock vor: Verzeichniss der Medusen, welche von Dr. Sander, Stabsarzt auf S. M. S. »Prinz Adalbert«, gesammelt wurden.

Die vorbezeichneten Mittheilungen erscheinen theils im heutigen, theils im nächsten Bericht.

Über die vermeintliche Zersetzung der Kohlensäure durch den Chlorophyllfarbstoff.

Von N. Pringsheim.

Die Untersuchungen über den physiologischen Werth des Chlorophyllfarbstoffes und über seine Bedeutung im Gaswechsel der Pflanzen mit der Atmosphaere sind seit einiger Zeit wieder in lebhaften Fluss gerathen; nachdem früher die Ansichten hierüber wesentlich schon als abgeschlossen gegolten hatten. Ich habe hierüber schon mehrfach an dieser Stelle berichtet und erlaube mir auch heute einen weiteren Beitrag hierzu vorzulegen.

Einer der Punkte, über welchen jetzt wieder die Ansichten weit auseinander gehen, betrifft den Antheil, welchen der Chlorophyllfarbstoff an der Zersetzung der Kohlensäure in der Pflanze nimmt.

Die Thatsache, deren Entdeckung noch dem 18. Jahrhundert angehört, dass es die grünen Theile der Gewächse sind, welche Sauerstoff im Lichte entwickeln, hat bisher den Ausgangspunkt für die Beurtheilung der Function des Chlorophyllfarbstoffes in der Pflanze gegeben. Sie bildete das eigentliche Argument der alten Chlorophylltheorie. Das constante Auftreten des grünen Farbstoffes in allen assimilirenden Organen sollte den directen und ursächlichen Zusammenhang desselben mit der Zersetzung der Kohlensäure, die ja bekanntlich die Quelle der Sauerstoffabgabe in der Pflanze ist, ausser Frage stellen. Man nahm deshalb allgemein an, dass es der Chlorophyllfarbstoff selbst ist, der mit Hülfe des Lichtes die Kohlensäure in der Pflanze zerlegt.

Bis vor wenigen Jahren konnte diese Auffassung, die den wesentlichen Inhalt der alten Chlorophylltheorie bildet, noch als die einzige zulässige gelten.

Die photochemischen Wirkungen in der Pflanze waren bis dahin nur unvollständig gekannt. Die Zerlegung der Kohlensäure galt als der einzige chemische Effect, den das Licht in der Pflanze ausübt. Eine zweite chemische Wirkung des Lichtes auf die Gewächse, welche in Beziehung zur Sauerstoffabgabe derselben stand, kam gar

nicht in Frage. Namentlich war, um den Punkt gleich zu berühren, der hier für die Deutung der Erscheinung der wichtigste ist, ein Einfluss des Lichtes auf das Verhältniss der Pflanze zum Sauerstoff der Atmosphaere niemals bemerkt worden. Die gasometrischen Untersuchungsmethoden der Athmung und der Sauerstoffaufnahme der Gewächse hatten einen solchen nicht hervortreten lassen. Bei ihrer beschränkten Anwendungsweise und bei der Schwierigkeit, die Oxydations- und Reductionswirkungen in den belichteten grünen Geweben zu trennen, ist dies an sich zwar gar nicht auffällig; allein die Resultate der Untersuchungen des Gaswechsels der Pflanzen in geschlossenen Räumen bildeten eben bis dahin noch die einzige, oder doch wesentliche Grundlage aller Vorstellungen über die Beziehung der Pflanze zur Atmosphaere.

Nach allen bekannten Erfahrungen konnten daher die Lichtabsorptionen in der Pflanze, welche eine chemische Bewegung in derselben anregen, nur auf den einzigen constatirten Lichteffect, auf die Kohlensäure-Zersetzung, bezogen werden. Man nahm deshalb an, dass die blauen und rothen Strahlen, welche vom Chlorophyllfarbstoff am stärksten absorbirt werden, die Zerlegung der Kohlensäure in der Pflanze bewirken, und setzte gleichzeitig auch eine unmittelbar chemische Beziehung des Farbstoffes zum Assimilationsacte voraus; dieser sollte selbst mit seiner Substanz chemisch in den Process der Kohlensäure-Zersetzung hineingezogen werden.

Diesen Anschauungen bin ich in den letzten Jahren wiederholt entgegengetreten und habe zu zeigen versucht, dass sie in den Erfahrungen keine sichere Stütze finden. Sie wurzeln alle wesentlich und allein in dem Bedürfniss für die Thatsache, dass die grünen Theile der Gewächse Sauerstoff abgeben, eine Erklärung zu finden, welche einen directen Zusammenhang zwischen dem Farbstoff und der Kohlensäure-Zersetzung ersichtlich machen soll. Ich habe mich nun einerseits bemüht nachzuweisen, dass zwingende Gründe für einen solchen Zusammenhang nicht vorhanden sind, dass gegen jede einzelne der aufgestellten Hypothesen, wie man sich etwa diesen Zusammenhang zu denken habe, oder auch nur vorstellen könne, gewichtige, gut constatirte und zum Theil entscheidende Erfahrungen sprechen, und habe andererseits zugleich eine chemische Wirkung des Lichtes auf die grüne Zelle aufgedeckt, welche die Thatsache, dass grüne Theile Sauerstoff abgeben, unter einem anderen Lichte erscheinen lässt.

In der That liegt zunächst gegenwärtig gar keine unbestrittene Erfahrung vor, welche zu der Folgerung nöthigt, dass es die vom Chlorophyllfarbstoff absorbirten Strahlen sind, welche die Kohlensäure in der Pflanze zerlegen.

Es ist jetzt längst erwiesen, dass es ein Irrthum war, die Hauptwirkung des Lichtes bei der Assimilation in die vom Chlorophyllfarbstoff vorzugsweise absorbirten blauen und violetten Strahlen zu verlegen. Grade diese blauen und violetten Strahlen, die wie jede Photographie einer Landschaft zeigt, von den grünen Theilen der Pflanzen fast vollständig verschluckt werden, leisten für die Zersetzung der Kohlensäure in der Pflanze nur wenig, im diffusen Tageslicht, in welchem die Assimilation noch immer eine kräftige ist, fast Nichts. Sie sind für die Kohlensäurezersetzung der grünen Pflanze ohne Belang und der biologische Werth ihrer Absorptionen weist daher auf eine andere Bestimmung derselben und auf eine andere Function des Farbstoffes hin. Vom Standpunkte der Chlorophylltheorie ist ihre so hervorragende Absorption im Chlorophyll geradezu unverständlich. DUMAS und BOUSSINGAULT, welche zuerst die Ansicht aufgestellt haben, dass die Lichtstrahlen, die der Chlorophyllfarbstoff absorbirt, die Kohlensäure zerlegen, gingen hierbei damals noch von der Annahme aus, dass es die blauen, die sogenannten chemischen Strahlen sind, welche in der Pflanze die Assimilation vollführen. Diese Voraussetzung ist aber, wie sich später gezeigt hat, ein Irrthum gewesen.

Was nun ferner die vom Chlorophyll gleichfalls in so auffallend hohem Grade absorbirten rothen Strahlen zwischen *B* und *C* Fraunhofer betrifft, welchen einige neuere Physiologen die Zerlegung der Kohlensäure, jetzt in erster Linie zuschreiben wollen, so habe ich bereits in einem früheren Aufsatze zeigen können, dass auch diese Strahlen für die Kohlensäure-Zersetzung weniger leisten, als die benachbarten Spectralregionen im Orange und im Gelb, die doch in bedeutend geringerem Grade vom Chlorophyll absorbirt werden, als jene. Die abweichenden Angaben von ENGELMANN beruhen, wie ich dort gezeigt habe,[1] auf falschen theoretischen Vorstellungen und irrigen Zahlenangaben.

Soviel steht demnach jedenfalls fest, dass die Lichtabsorptionen gerade derjenigen Strahlen im Chlorophyll, welchen die Vegetation ihre grüne Farbe verdankt, die Absorptionen der blauen, violetten und rothen Strahlen zwischen *B* und *C* für eine andere Function in der Pflanze angepasst sind, als für die KohlensäureZersetzung. Ihre Bedeutung für die Pflanze haben dann die Untersuchungen erschlossen, die ich mit Pflanzen im intensiven Lichte angestellt habe, und durch welche die Vorstellungen über die Art und Weise, wie

[1] Diese Berichte vom 4. Februar 1886. und PRINGSHEIM: Jahrb. für wiss. Bot, Bd. XVII, S. 162 u. f.

die Sauerstoffabgabe der grünen Gewächse zu Stande kommt, eine wesentliche Modification erfahren haben.«

Es hat sich ergeben, dass das Licht eine bemerkenswerte, oxydirende Wirkung auf die Träger der biologischen Vorgänge in der grünen Zelle ausübt: auf das Protoplasma und dessen Bewegungserscheinungen, auf die Hautschicht, das Stroma der Chlorophyllkörper, den Cytoblasten und zum Theil auch auf die Producte der Assimilation. Dass eine grosse Reihe organischer Körper, die zu den unmittelbaren Bestandtheilen der Pflanzenzelle gehören, wie Fette, Öle, Harze u. s. w. unter dem Einflusse des Lichtes sich oxydiren, ist eine längst bekannte und erwiesene Thatsache. Diesen verwandte Körper durchtränken überall das Plasma der Zelle und das Stroma der Chlorophyllkörner. Durch die Untersuchungen im intensiven Lichte ist daher nur gezeigt, was eigentlich selbstverständlich, nur bisher nicht bemerkt war, und daher bei der Beurtheilung des Verhältnisses der grünen Pflanzentheile zur Atmosphaere auch keine Berücksichtigung gefunden hatte, dass dieselben Oxydationswirkungen des Lichtes, die ausserhalb der Pflanze auftreten, sich auch im Innern der Pflanzenzelle äussern, und dass die nächsten und wesentlichen Formenbestandtheile der Zelle, die meist nachweislich von Substanzen getränkt sind, welche im Lichte begierig Sauerstoff aufnehmen, selbst zu den in diesem Sinne lichtempfindlichen Körpern gehören und durch das Licht oxydirt werden.

Hierdurch ist nun ein Verständniss für die Lichtabsorptionen im Chlorophyllfarbstoff und für dessen Function in der Pflanze gewonnen worden, welches ausserhalb der Kohlensäure-Zersetzung liegt, vielmehr einen Einfluss des Farbstoffes auf die Beziehung der Pflanze zum Sauerstoff der Atmosphaere nachweist. Gerade die blauen Strahlen, welche der Chlorophyllfarbstoff so kräftig absorbirt, und von denen die älteren Physiologen vermuthet haben, dass sie in der Pflanze reducirend wirken, sind nun bei den Oxydationswirkungen des Lichtes auf die Zellenbestandtheile unter allen farbigen Strahlen als die wirksamsten befunden worden. Ihre Absorptionen im Chlorophyllfarbstoff erscheinen somit als das Mittel, welches die Pflanze besitzt, um ihre leicht oxydablen Bestandtheile vor einer zu energischen, für den Stoffwechsel schädlichen, Oxydation zu schützen. Jede genauere Beobachtung einer grünen Zelle im intensiven Licht weist nun in der That, wie ich wiederholt und ausführlich beschrieben habe[1], augenscheinlich und in jedem einzelnen Versuche diesen Schutz gegen die Sauerstoff-Wirkun-

[1] Über Lichtwirkung und Chlorophyllfunction, Leipzig 1881 und Jahrb. f. w. Bot. Bd. XII. u. XIII, ferner: Über die primaeren Wirkungen des Lichtes auf die Vegetation, Monatsbericht d. Berl. Akad. d. Wiss. 1881, S. 504 u. f.

gen des Lichtes nach, den das Chlorophyll den Körpern bietet, die sich in der Zelle in seinem Schatten befinden, und durch welches dasselbe zum Regulator der Sauerstoffzufuhr in der grünen Zelle wird. Wir sehen daher bei diesen Untersuchungen in unzweideutiger und positiver Weise eine Wirkung des Farbstoffes hervortreten, die nicht in Uebereinstimmung mit der früheren Vorstellung über seine Function ist.

Betrachten wir dies Resultat unter dem Gesichtspunkte der alten Theorie, so erscheint es allerdings auch jetzt noch nicht geradezu ausgeschlossen, dass der Farbstoff neben dieser für ihn nachgewiesenen Function auch noch die ihm früher zugeschriebene directe Wirkung auf die Kohlensäure-Zersetzung ausübt; allein es darf hierbei nicht übersehen werden, dass die einzige thatsächliche Grundlage, welche, wie ich im Eingange dieses Aufsatzes hervorhob, zu der Annahme der Kohlensäure-Zersetzung durch den Farbstoff geführt hat, die auffallende Erscheinung nämlich, dass nur grüne Theile Sauerstoff geben, jetzt auch ohne jene Annahme eine ausreichende und befriedigende Erklärung findet. Sie bedarf mindestens zu ihrem Verständniss nicht mehr nothwendig die Voraussetzung, dass der Chlorophyllfarbstoff die Kohlensäure zersetzt. Die Sauerstoffabgabe der grünen Gewächse ist ja, wenn man auf ihre Bedingungen in der Zelle zurückgeht, nur der Ausdruck dafür, dass in der grünen Zelle im Lichte die Reductionsvorgänge die Oxydationsvorgänge überwiegen. Sehen wir nun, wozu die Versuche im intensiven Licht hinführen, den Chlorophyllfarbstoff als Regulator der Sauerstoffzufuhr für die plasmatischen Bestandtheile der Zelle an, so wird die Sauerstoffabgabe der grünen Theile schon durch die Herabminderung allein begreiflich, welche die oxydirenden Wirkungen des Lichtes vermöge der Absorptionen der wirksamsten Strahlen im Chlorophyll erleiden, ohne dass es hierzu noch der Annahme einer positiven Beziehung des Farbstoffes zu dem eigentlichen Vorgange der Kohlensäure-Zersetzung bedürfen würde. Fügt man hinzu, dass unter allen anderen bekannten Erfahrungen über das Verhalten des Chlorophyllfarbstoffes in der Zelle, sich für seine vorausgesetzte Beziehung zur Kohlensäure-Zersetzung nirgends bis jetzt deutliche Hinweise oder Anhaltspunkte gefunden haben, so kann sicherlich die Sauerstoffabgabe grüner Gewächse jetzt nicht mehr an sich allein schon als ein Beweis für den ursächlichen Zusammenhang des Farbstoffes mit der Kohlensäurezersetzung angesehen werden. Soll diese Annahme noch ferner bestehen, so müssen vielmehr zum mindesten ihre Vertheidiger den Nachweis von anderweitigen Thatsachen erbringen, die diesen Zusammenhang in irgend einer Weise entschiedener hervortreten lassen.

Dies wird jetzt auch schon allgemein gefühlt, und die Anhänger der alten Theorie bemühen sich wenigstens neuerdings schon wiederholt solche Thatsachen zu finden. Leider immer wieder auf den Wegen, die so oft schon erfolglos betreten sind. Sie wollen immer wieder den Nachweis bringen, dass das Chlorophyll die Kohlensäure zersetzt und dass die Maxima von Absorption und Sauerstoffsabgabe zusammenfallen.

Meiner Ansicht nach ist nun allerdings die Aussicht nicht gross, dass das gesuchte Ziel erreicht werden wird, und am allerwenigsten auf einem von diesen Wegen. Zu den bisher besprochenen, in dieser Hinsicht negativen Befunden der physikalischen Erforschung des Phaenomens treten ebenso entscheidende chemische Erfahrungen hinzu, welche diese Aussicht auch auf chemischem Wege fast hoffnungslos erscheinen lassen. Ich habe dies schon früher in einer ausführlichen Kritik der chemischen Arbeiten auf diesem Gebiete dargelegt und, wie Jeder zugeben wird, haben in der That auch die zahlreichen chemischen Bemühungen in der Richtung, um nachzuweisen, dass der Farbstoff die Kohlensäure zerlegt, bisher nur negative Ergebnisse zu verzeichnen.

Endlich aber haben die Untersuchungen über die Eigenschaften des Farbstoffes und über sein chemisches Verhalten zu Sauerstoff und Kohlensäure in und ausserhalb der Pflanze ausserdem noch zur Kenntniss von positiven Thatsachen geführt, die eine ganz andere Beziehung des Chlorophyllfarbstoffes zu den Gasen der Atmosphaere nachweisen, als die vermeintliche reductorische zur Kohlensäure, welche die alte Chlorophylltheorie für ihn in Anspruch nimmt.

Dieses Verhältniss soll hier zunächst noch Erwähnung finden, weil es von vornherein zur richtigen Beurtheilung von Versuchen und Angaben dienen kann, die in allerneuester Zeit mit dem Anspruch auftreten, den directen Nachweis erbracht zu haben, dass der Chlorophyllfarbstoff wirklich für sich allein die Kohlensäure zu zerlegen im Stande ist. Es ist der eigentliche Zweck meines heutigen Vortrages diesen neuesten Angaben entgegenzutreten und die Ergebnisse meiner Nachprüfung derselben hier mitzutheilen.

Die künstlichen Lösungen des Chlorophyllfarbstoffes, die man aus grünen Blättern gewinnt, besitzen fast genau das gleiche Spectrum, wie der Farbstoff in der lebenden Pflanze. Die geringen Differenzen, die vorhanden sind, lassen sich auf die Brechungsverhältnisse des Lösungsmittels zurückführen. Man sah daher die gleichen Lichtstrahlen in den Chlorophyll-Lösungen und in der grünen Pflanze verschwinden, und da man die Absorption der Strahlen im Farbstoff als die Ursache der Kohlensäure-Zersetzung ansah und auch geneigt war, den Farb-

stoff selbst als eine Art Muttersubstanz für die Assimilationsproducte zu betrachten, so hielt man es nicht für unmöglich, ja es schien fast nur eine Consequenz der Theorie, dass es gelingen könne die Kohlensäure auch in Chlorophyll-Lösungen durch Licht zu zerlegen. Man konnte an die Möglichkeit denken, auf diesem Wege künstlich Zucker oder Stärke darzustellen.

Es liegen nun in der That bereits aus früher Zeit eine Anzahl Versuche in dieser Richtung vor. Sie haben aber alle zu einem ganz anderen, als dem erwarteten Resultate geführt. Man hoffte in den Chlorophyll-Lösungen durch Licht die Kohlensäure zu zersetzen und Sauerstoff frei zu machen; grade das Gegentheil trat ein, die Chlorophyll-Lösungen nahmen im Lichte unter Entfärbung und Zerstörung ihrer Substanz Sauerstoff auf und gaben Kohlensäure ab. Die Kohlensäure dagegen übte in den Lösungen des Farbstoffes gar keinen sichtbaren Einfluss auf denselben aus. Kohlensäure und Chlorophyll scheinen unter diesen Bedingungen gar nicht auf einander zu reagiren.

Man könnte sagen, dass dies nur ausserhalb der Pflanze geschieht, allein ich selbst habe vor einigen Jahren doch nachgewiesen, dass der Chlorophyllfarbstoff auch in der lebenden Pflanze sich gegen Sauerstoff und Kohlensäure im Lichte genau so verhält, wie in seinen Lösungen ausserhalb der Pflanze. Auch im Innern der lebenden Zelle nimmt er unter dem Einflusse des Lichtes nicht Kohlensäure, sondern Sauerstoff auf und zerlegt und oxydirt sich mit demselben ganz so, wie in seinen Lösungen ausserhalb der Pflanze. Hierüber lassen die Versuche nicht den geringsten Zweifel. Es ist nichts leichter als mit Hülfe von intensivem Licht sich binnen wenigen Minuten zu überzeugen, dass es so ist, und dass es in jedem Versuche constant so ist Kohlensäure und Chlorophyll dagegen reagiren auch in der lebenden Zelle unter dem Einflusse des Lichtes nachweislich nicht aufeinander. Selbst wenn man die grüne Zelle in einer Atmosphaere von reiner Kohlensäure der intensiven Lichtwirkung von Sonnenbildern im Focus einer grossen Linse eine längere Zeit, eine Stunde und länger, ununterbrochen aussetzt, bleibt der Chlorophyllfarbstoff völlig unberührt und unverändert bestehen, während bei der gleichen intensiven Beleuchtung schon eine Spur von Sauerstoff genügt, um ihn in wenigen Minuten im Innern der Zelle selbst vollständig zu entfärben und zu zerstören.

Dies gleichartige Verhalten des Farbstoffes in seinen Lösungen und im Innern der Zelle und der Umstand, dass er auch in der Zelle nicht Kohlensäure, sondern Sauerstoff aufnimmt, spricht gewiss nicht für die Ansicht, dass er die chemische Ursache der Kohlensäure-Zersetzung in der Pflanze ist, unterstützt vielmehr meine Auffassung,

dass sein Auftreten nur eine der Bedingungen bildet, unter denen die Sauerstoffabgabe der grünen Pflanzen sich vollzieht und die auf die Grösse derselben von Einfluss sind.

Allein ganz vor Kurzem ist trotzdem doch wieder, wie ich bereits angedeutet habe, der Versuch wiederholt worden, die Kohlensäure durch Chlorophyll zu zerlegen und diesmal, wie behauptet wird, mit Erfolg.

In der Pariser Académie des sciences hat vor einigen Monaten Hr. Paul Bert Versuche von Hrn. Regnard mitgetheilt, dem es nach der Darstellung, die er von seinen Versuchen in den Comptes rendus vom 14. December 1885 giebt, wirklich gelungen sein soll, die Kohlensäure ausserhalb der Pflanze durch chlorophyllirte Papierstreifen zu zerlegen und hierbei Sauerstoff frei zu machen.

Hr. Regnard ging bei seinen Versuchen von der Ansicht aus, dass die älteren derartigen Versuche nur deshalb misslungen sind, weil die angewandten Mittel zum Nachweis des Sauerstoffs nicht empfindlich genug waren. Er meint, dass bei diesen Versuchen der Sauerstoff allerdings nicht in Blasen entweiche, wie dies der Fall ist, wenn man assimilirende Pflanzen unter Wasser den Sonnenstrahlen aussetzt, dass man aber in anderer Weise sich von der Existenz des frei werdenden Sauerstoffs überzeugen könne, wenn man genügend empfindliche Reagentien auf Sauerstoff anwendet. Er benutzte nun bei seinen Versuchen das sogenannte Schützenberger'sche Reagens auf Sauerstoff, welches bereits vielfach von Schützenberger selbst und von Anderen in physiologischen Versuchen als empfindlicher Sauerstoff-Indicator Verwendung gefunden hat.

Dies Reagens besteht bekanntlich aus einem im Wasser löslichen blauen Farbstoff, dem sogenannten Bleu Coupier oder Azodiphenylblau, der vorher durch hydroschweflige Säure oder Natriumhydrosulfit entfärbt wird. In diesem Zustande ist die Flüssigkeit gelb, hat aber die Eigenschaft, sich mit geringen Spuren von Sauerstoff rasch wieder zu bläuen. Regnard zeigte nun zuerst, dass das so entfärbte Bleu Coupier in der Sonne schon in einigen Minuten wieder blau wird, wenn man grüne Pflanzenblätter in die Flüssigkeit eintaucht.

Ich gehe auf diese Versuche nicht weiter ein, da ja Niemand bezweifelt, dass grüne Blätter in der Sonne unter Wasser Sauerstoff abgeben, obgleich freilich, wie sich bald herausstellen wird, diese längst bekannte Thatsache durch den Versuch von Regnard keineswegs erwiesen sein würde. Ebenso übergehe ich den zweiten Versuch von Regnard mit ausgedrückten Chlorophyllkörnern, von welchem sich etwa das Gleiche sagen lässt, wende mich vielmehr sofort zu dem Fundamental-Versuch desselben, durch welchen endlich und

endgültig erwiesen werden soll, dass der Chlorophyllfarbstoff sogar ausserhalb der Pflanze die Kohlensäure zerlegt.

REGNARD stellte sich zu diesem Zwecke Lamellen von Cellulose her, die er mit einem Niederschlag von Chlorophyll imprägnirte, indem er sie mit alkoholischen oder ätherischen Chlorophyll-Lösungen durchtränkte und dann rasch unter der Luftpumpe trocknete. So stellte er, wie er sich ausdrückt, wahre künstliche grüne Blätter ohne Zellen und ohne Protoplasma her, die er nun in der SCHÜTZENBERGER-schen Lösung in mit Glashahn wohlverschlossenen Röhren und unter Quecksilber dem Lichte aussetzte.

REGNARD behauptet nun, dass die dem Lichte ausgesetzte Flüssigkeit in den Röhren, welche die chlorophyllirten Cellulose-Streifen enthielten, in zwei bis drei Stunden wieder blau wird, während in gleich behandelten Control-Versuchen im Finstern die Flüssigkeit sich nicht wieder bläut.

Es unterscheiden sich diese Versuche von REGNARD von den oben besprochenen Versuchen in den alkoholischen Chlorophyllösungen, die ja, wie wir sahen, Sauerstoff aufnehmen und nicht abgeben, durch den Umstand, dass REGNARD nicht mit Lösungen des Farbstoffes, sondern mit festem, aus seinen Lösungen niedergeschlagenem Chlorophyll und nicht in einer alkoholischen, sondern in einer wässrigen Flüssigkeit experimentirt hat. Man könnte zu der Annahme neigen, dass hierin die Ursache der abweichenden Resultate und des scheinbaren Erfolges bei REGNARD zu suchen sei. Allein jedem Physiologen, der mit den Bedingungen vertraut ist, unter welchen grüne Pflanzenblätter im Lichte Sauerstoff abgeben, mussten sich von vornherein schwere Bedenken gegen die Richtigkeit der Angaben von REGNARD aufdrängen. Es ist effectiv und sicher nachgewiesen, dass der Chlorophyllfarbstoff sowohl in als ausserhalb der Pflanze Sauerstoff im Lichte aufnimmt. Wie ist hiermit das Resultat von REGNARD, dass er Sauerstoff abgiebt, zu vereinen? Wie kann man überhaupt annehmen, dass der aus den Blättern gelöste und aus seinen Lösungen wieder niedergeschlagene Farbstoff ausserhalb der Pflanze Kohlensäure zerlegt, wenn die Blätter selbst in dem Zustande, in welchem ihnen der Farbstoff entzogen wird, dies nicht mehr vermögen.

Man gewinnt den Farbstoff aus den Blättern, indem man sie durch das Lösungsmittel tödtet, oder aus vorher getrockneten Blättern, die man mit dem Lösungsmittel auszieht. Es ist erwiesen, dass die in irgend einer Weise getödteten, aber noch unverändert grünen Blätter unter Wasser gebracht keinen Sauerstoff mehr abgeben, obgleich z. B. die bei gelinder Wärme getrockneten Blätter bei vorsichtigem Verfahren, so lange sie nicht zu faulen anfangen, den Farb-

stoff in völlig unverändertem Zustande und mit seinen normalen Eigenschaften enthalten. Schon die bloss lufttrockenen Blätter geben keinen Sauerstoff mehr ab, auch wenn man sie vorher anfeuchtet und dann unter Wasser versetzt. Dies wusste schon SENEBIER und hat es vor jetzt mehr als 100 Jahren bekannt gemacht. In den lufttrockenen Blättern befindet sich aber der Farbstoff jedenfalls unter viel normaleren Verhältnissen, als in dem Zustande, in welchem ihn die künstlichen Blätter von REGNARD enthalten, und der Farbstoff, mit welchem REGNARD experimentirte, kann ja aus solchen Blättern gewonnen werden.

Ferner hat BOUSSINGAULT schon gezeigt, dass Pflanzen, die nur asphyxirt sind, d. h. solche, die eine kurze Zeit in irrespirablen, aber sonst unschädlichen Gasarten — wie Stickstoff oder Wasserstoff — sich befunden haben, für einige Zeit die Fähigkeit verlieren, Kohlensäure zu zersetzen, obgleich in ihnen der Chlorophyllfarbstoff völlig unverändert bleibt. In sauerstoffhaltige Räume übergeführt, fangen sie auch bald wieder an Sauerstoff zu entwickeln. Diese und andere Erfahrungen weisen doch zur Genüge nach, dass der Farbstoff für sich allein keinesfalls die Kohlensäure-Zersetzung ausführt. Nach alledem unterlag es daher für mich auch keinem Zweifel, dass in die Versuche von REGNARD ein Irrthum oder ein Missverständniss sich eingeschlichen haben müsse. Ich beschloss aber dennoch die Versuche zu controliren, um die Anschauungen über die Chlorophyllwirkung, an welche ich soviel Zeit und Mühe verwandt habe, nicht wiederum für längere Zeit in eine falsche Bahn gelenkt zu sehen, zumal einige für die alte Chlorophylltheorie besonders eingenommene Physiologen sich beeilt haben die REGNARD'schen Versuche, mit Genugthuung, Zustimmung und vollem Vertrauen zu begrüssen.[1]

Bei der Wiederholung der REGNARD'schen Versuche in der von ihm vorgeschriebenen Weise fand ich nun zwar allerdings, dass unter Umständen, auf die ich gleich zurückkomme, die SCHÜTZENBERGER'sche Flüssigkeit sich in der That im Licht in kürzerer oder längerer Zeit wieder bläut, wenn man z. B. chlorophyllirte Streifen von schwedischem Filtrirpapier in die entfärbte Flüssigkeit bringt, ich fand aber sehr bald bei mehrfacher Abänderung der Versuche, dass dies ebenso leicht und rasch geschieht, wenn man Papier- oder Cellulose-Lamellen nimmt, die anstatt mit einer Chlorophyll-Lösung bloss mit Alkohol getränkt und dann getrocknet werden, ja dass reine, trockene Streifen von schwedischem Filtrirpapier, die weder mit einer Chlorophyll-Lösung noch mit Alkohol getränkt worden sind, dasselbe leisten. Man findet ferner bei weiterer Abänderung der Versuche, dass

[1] Z. B. TIMIRIAZEFF. Comptes rendus 22. Mars 1886.

die Wiederbläuung, wenn auch schwieriger und langsamer, unter den gleichen Umständen auch im Finstern erfolgen kann, und dass endlich das SCHÜTZENBERGER'sche Reagens auch für sich allein, ohne dass man Papierstreifen hineinbringt, der Wiederbläuung im Lichte fähig ist.

Forscht man den Ursachen der Wiederbläuung und des so verschiedenen Verhaltens der Flüssigkeit nach, so bemerkt man bald, dass dieselben meist, wenn auch nicht immer nachweislich, in dem Vorhandensein von Spuren von übersehenem Sauerstoff liegen, der bei der Art, wie diese Versuche ausgeführt werden müssen, auch bei der grössten hierauf gerichteten Aufmerksamkeit nicht absolut sicher und vollständig ausgeschlossen werden kann. Zunächst bildet schon das Hineinbringen von Papier- oder Cellulose-Streifen fast immer eine unmittelbare Fehlerquelle, da sehr häufig das Papier, wenn es trocken ist, was ja REGNARD für seine Versuche verlangt, von dem Reagens nicht vollständig benetzt wird und mikroskopisch kleine Bläschen am Papier haftend zurückbleiben, die auch bei grosser Aufmerksamkeit übersehen werden können, und erst bei der Beobachtung mit starken Lupen bemerkt werden. Dies ist die wesentliche Ursache, warum das Reagens, wenn Papierstreifen hineingebracht werden, um so vieles leichter und rascher sich bläut, als ohne dieselben. Einen ferneren nicht zu verkennenden Einfluss auf die Wiederbläuung hat aber auch die Belichtung der Flüssigkeit. Die dem Lichte, auch nur dem diffusen Tageslichte, ausgesetzte Flüssigkeit mit und ohne Streifen von Chlorophyll-Papier zeigt fast immer leichtere und raschere Spuren von Bläuung, als die im Finstern aufbewahrte. Dies ist ferner die Ursache des Unterschieds, welchen REGNARD in dem Verhalten seiner Versuche im Finstern und im Lichte gefunden hat.[1] Welche Art photochemischer Wirkung hier vorliegt, ob das Licht bloss die Verbindung der entfärbten Flüssigkeit mit den vorhandenen Spuren von übersehenem Sauerstoff befördert, oder ob dasselbe einen direct modificirenden Einfluss auf die gelbe Flüssigkeit ausübt und diese sich im

[1] Die Veröffentlichung meiner obigen Versuche verzögerte sich, da ich dieselben heute hier vortragen wollte; inzwischen ist auch, wie ich jetzt sehe, JODIN (Comptes rendus 29. März 1886), den Schlüssen von REGNARD entgegengetreten, und hat gleichfalls die Beobachtung gemacht, dass das entfärbte Bleu Coupier sich am Lichte von selbst wieder bläut. Ich freue mich, durch meine eigene Untersuchung die Beobachtung von JODIN bestätigt zu haben. JODIN scheint allerdings anzunehmen, — er spricht sich über diesen Punkt nicht aus — dass hier eine directe photochemische Umwandelung des entfärbten Blau vorliegt. Ich bemerke nur noch, dass die Wiederbläuung im diffusen Tageslicht nur sehr langsam und nicht immer vollständig erfolgt, auch oft mehrere Tage vergehen, ehe sie eintritt. In directer Sonne kann sie dagegen, wenn auch nicht immer, sehr rasch, oft schon in ein bis zwei Stunden erfolgen. Bei den Versuchen von REGNARD mit den chlorophyllirten Cellulose-Streifen hat es sich zweifellos um übersehenen Sauerstoff gehandelt.

Lichte auch ohne freien Sauerstoff wieder zu bläuen vermag, wage ich nicht sicher zu entscheiden, da der absolute Ausschluss von jeder Spur von Sauerstoff sich bei diesen Versuchen kaum mit voller Sicherheit feststellen lässt. Mir gelang allerdings die Wiederbläuung der entfärbten Flüssigkeit auch mit vorher ausgekochtem Bleu Coupier und sogar bei grösserem Überschuss von zugesetztem Natriumhydrosulfit. Es scheint auch bei den gegenwärtigen noch ungenügenden Kenntnissen über das Schützenberger'sche Reagens nicht gerade ausgeschlossen, dass eine Wiederbläuung desselben durch das Licht auch ohne Sauerstoffzufuhr erfolgen kann. Doch liegt die Frage nach dieser Richtung schon ganz ausserhalb des Rahmens meiner Aufgabe. Soviel steht aber fest und ist absolut sicher, dass der Versuch von Regnard unter den gleichen Umständen, d. h. bei Versuchen mit genau derselben Flüssigkeit eben so gut mit blossen Papierstreifen, als mit chlorophyllirten Papierstreifen gelingt, und dass die Wiederbläuung der Schützenberger'schen Flüssigkeit daher ohne jede Mitwirkung und ganz unabhängig von etwa zugesetztem Chlorophyll erfolgt. Dessen Gegenwart ist für das Eintreten der Erscheinung absolut gleichgültig, und hiermit fallen alle voreiligen Schlüsse, die man bezüglich der Chlorophyllwirkung in der Pflanze aus diesen Versuchen hat ziehen wollen.

Zur WORTMANN'schen Theorie des Windens.

Von S. SCHWENDENER.

In Nr. 16—21 der Botanischen Zeitung, Jahrgang 1886, stellt JULIUS WORTMANN eine neue »Theorie des Windens« auf, in welcher derselbe wesentliche Punkte meiner früheren Darstellung dieses Vorganges[1] bekämpft. Dies veranlasst mich zu nachstehender Erwiderung.

Zunächst muss ich entgegen der Annahme WORTMANN's ausdrücklich bemerken, dass die Greifbewegung nach meiner Auffassung keineswegs auf den Bogen, dessen oberes Ende die Terminalknospe bildet, beschränkt zu sein braucht. Zur Herbeiführung derselben ist ja bloss nöthig, dass ein beliebiges Stück des Stengels, welches ungefähr die halbe Stütze zu umfassen vermag, nach Herstellung des Contactes an den beiden Enden sich noch weiter zu krümmen strebt, so dass die Contactpunkte mit einer gewissen Kraft an die Stütze angedrückt werden. Ist alsdann der untere dieser beiden Punkte zugleich der obere Grenzpunkt eines unbeweglichen Stengelstückes, etwa einer fest anliegenden Windung, so entstehen in seiner Nähe die bleibenden Krümmungen nach der Stütze hin; das andere Ende ist dabei insoweit beweglich zu denken, dass es den Nutationskrümmungen folgen und demnach von der Stütze abgehoben und wieder angedrückt werden kann. Umgekehrt kann natürlich auch das obere Ende des greifenden Bogens fest und das untere beweglich gedacht werden. Ebenso können zwei oder mehrere solcher Bogen, statt eines einzigen, zu gleicher Zeit wirksam sein, ohne dass dadurch das mechanische Problem ein wesentlich anderes würde. Dieses Problem ist überhaupt ganz allgemeiner Natur und kann eben so gut auf Metalldrähte wie auf Schlingpflanzen bezogen werden.

Bei meinen Untersuchungen handelte es sich nun aber fast ausschliesslich um Beobachtungen an *Calystegia dahurica*. Ich hatte diese Pflanze nach mancherlei Vorversuchen als die für meine Zwecke günstigste kennen gelernt und mich ferner überzeugt, dass hier

[1] Über das Winden der Pflanzen. Monatsber. der Berliner Akad. d. Wiss. 1881.

Stützen von etwa 0.7 bis 1ᶜᵐ Dicke den Vorgang des Windens am besten zu studiren gestatten. Dementsprechend sind die Bewegungen des nutirenden Sprossstückes, mit Einschluss der Contacterscheinungen, in meiner Mittheilung auch so geschildert, wie man sie unter den angedeuteten Verhältnissen bei Calystegia am häufigsten beobachtet. Es schien mir nicht rathsam, den Gang der Darstellung immer wieder durch Hinweise auf nebensächliche Abweichungen beim Winden um dünnere oder dickere Stützen oder auch bei anderen Pflanzen zu unterbrechen. Das würde für manche Schlinggewächse, wie z. B. für solche mit hängender Endknospe (Dioscorea u. dgl.), sehr umständliche Abschweifungen veranlasst haben, die ich vermeiden wollte.

Ich kann also nur erklären, dass Ambronn[1], mit dem ich die hier in Frage kommenden Erscheinungen oft genug besprochen habe, meine Auffassung der Greifbewegung richtig wiedergegeben hat. Eine philologische Exegese, wie sie Wortmann[2] unternommen, habe ich nicht vorausgesehen.

Halten wir an dieser Auffassung der Greifbewegung fest, so lässt sie sich bei jeder Schlingpflanze innerhalb der nutirenden Strecke leicht constatiren. Ebenso sind die nach meiner Darstellung mit dem Greifen verbundenen Spannungen thatsächlich vorhanden und die Wirkungen sowohl der drehenden wie der krümmenden Componente dieser Spannungen augenfällig. Aber natürlich müssen alle störenden Einflüsse möglichst vermieden werden, wenn diese Wirkungen unverfälscht zur Erscheinung gelangen sollen. Hierüber noch mehr zu sagen, als bereits geschehen, halte ich namentlich im Hinblick auf die einschlägigen und durchaus sachverständigen Erörterungen Ambronn's für überflüssig.

Die Kritik Wortmann's richtet sich denn auch weniger gegen das Vorhandensein der Greifbewegung und ihrer Wirkungen, als gegen die Nothwendigkeit derselben für das Zustandekommen bleibender Windungen. Nach Wortmann sind nämlich diese Bewegungen für die Mechanik des Windens gänzlich irrelevant; er verlangt daher von uns den Nachweis, dass »in dem Falle, in welchem allein durch Geotropismus und Nutation eine lockere Windung gebildet worden ist, ein definitives Anlegen dieser Windung an die Stütze nicht stattfinden kann, trotzdem jene beiden Factoren noch weiter wirksam sind« (S. 5). Nun, eine selbstverständliche Sache lässt sich am Ende

[1] Zur Mechanik des Windens. Ber. der math. phys. Classe der K. sächs. Ges. der Wiss. 1884.

[2] A. a. O S. 4 u. 5 des Separatabdruckes, auf den sich auch die folgenden Citate beziehen.

auch noch beweisen. Bevor ich jedoch auf diese Beweisführung mich einlasse, mag es gestattet sein, nach den Thatsachen zu fragen, aus welchen Wortmann die Ueberflüssigkeit der Greifbewegungen folgert. Wir begegnen da zunächst der so eben erwähnten »lockeren Windung« des Sprossgipfels, welche allerdings bei Anwendung fadenförmiger Stützen ohne alle Contactwirkung zu Stande kommen kann. Allein diese lockere Windung setzt sich nur zum Theil aus bleibenden geotropischen Krümmungen zusammen; ein anderer Theil besteht aus vergänglichen Nutationskrümmungen und müsste daher verschwinden, sobald die Nutationsbewegungen aufhören. Wie gross alsdann der übrig bleibende Theil noch sein würde und welche Curve derselbe beschreibt, ist nicht genau zu ermitteln; nicht einmal die Curvenaxe ist ihrer Richtung nach bekannt.[1] Eine Gewähr dafür, dass die vorhandenen bleibenden Krümmungen für sich allein das spätere Abgleiten oder Abwickeln von der Stütze zu verhindern vermögen, ist also in keiner Weise gegeben. Folglich gehört die fragliche Erscheinung überhaupt nicht zu den Thatsachen, mit denen man rechnen kann. Ueberdies ist klar, dass wir den Scheitel in Gedanken um diese ganze lockere Windung zurücksetzen, die letztere also einfach beseitigen können, ohne hierdurch das Winden zu beeinträchtigen. Wir hätten alsdann eine Pflanze, deren Endknospe bei den Greifbewegungen in derselben Weise betheiligt wäre, wie es bei Anwendung dickerer Stützen stets der Fall ist, — und natürlich auch mit demselben Erfolg. Die lockere Windung ist also jedenfalls entbehrlich.

In zweiter Linie mag hier das Verhalten derjenigen Schlingpflanzen erwähnt werden, welche um möglichst dicke Stützen winden, wobei der windende Stengel bekanntlich auf der Oberfläche derselben gleichsam hinkriecht. In diesem Verhalten soll nun nach Kohl und Wortmann ein schlagender Beweis liegen, dass die Greifbewegung zum Winden nicht nothwendig sei; sie könne ja unter solchen Umständen gar nicht zu Stande kommen. Das ist nun aber eine totale Verkennung der Sachlage. Man braucht nur den Effect der Greifbewegungen graphisch darzustellen, indem man die Dauer des Contactes auf der Abscissenaxe und die respectiven Wirkungen als Ordinaten aufträgt, um sofort einzusehen, dass eine nie unterbrochene Berührung der Stütze ein Maximum der Arbeitsleistung ergeben muss. Ist z. B. die Dauer eines Nutationsumlaufes = 2 Stunden, die des Contactes pro Umlauf bei Anwendung einer dünnen Stütze = $^1/_4$ Stunde, bei einer etwas dickeren Stütze = $^2/_4$ Stunden, und so fort über $^3/_4$, $^4/_4$, $^5/_4$ .... bis $^8/_4$ Stunden,

[1] Bis dahin ist die Frage nach dem Verlauf dieser Raumcurve überhaupt nur von Ambronn wissenschaftlich behandelt worden.

so wird der maximalen Abscissenlänge voraussichtlich die grösste, jedenfalls eine relativ grosse Ordinate entsprechen. Und das ist es eben, was *ich als Contactwirkung, d. h. als eine mit dem Ergreifen und Festhalten der Stütze verbundene Wirkung bezeichnet habe. Man kann nun freilich vom sprachlichen Standpunkte aus einwenden, dass in diesem* Falle das Wort »Ergreifen« nicht mehr zutreffe, es sei ja nur ein Festhalten. Ich folge indessen bloss dem in der Mechanik üblichen Sprachgebrauch, wenn ich für solche Grenzfälle keine besonderen Bezeichnungen wähle.

Als eine dritte Thatsache, auf welche Wortmann besonderes Gewicht legt, seien hier noch die Resultate seiner »Streckungsversuche« erwähnt. Er sagt von diesen Versuchen, dass sie den Schwerpunkt seiner »Vorstellung von dem Zustandekommen der fixen Windungen sicher stellen, nämlich die ausschliessliche Betheiligung von Nutation und Geotropismus« (S. 12). Über die beobachteten Erscheinungen wird sodann Folgendes berichtet.

»Einer Calystegia, welche in vier festen Windungen eine 0.5 ^{cm} dicke Stütze umwunden hatte, wurde die Stütze vorsichtig entzogen und sehr schnell ein ausgezogener dünner Glasfaden als neue Stütze in die alten Windungen eingeschoben. Durch auf der Aussenseite des Stengels senkrecht übereinander angebrachte Tuschpunkte waren vorher die Windungen genau markirt worden. Sofort nach Einführung der neuen Stütze zeigt sich nun folgendes: Windung I (die älteste, unterste) ist geblieben; sie liegt der neuen Stütze in keinem Punkte an; eine Streckung ist nicht bemerkbar. Windung II dagegen (die nächstobere) hat sich sofort gestreckt; aber aus ihr sind zwei volle Windungen geworden, von denen die unterste etwa ebenso hoch ist wie die alte unveränderte Windung I und ebenfalls der Stütze an keinem Punkte anliegend. Die aus II gebildete obere, zweite Windung ist steiler, liegt aber der Stütze auch noch nicht an. Aus Windung III sind $1^1/_2$ Windungen geworden« etc.

Aus diesen Erscheinungen folgert nun Wortmann, »dass die infolge des Anlegens der Internodien an die Stütze entstandenen Spannungen nach Entfernung der Stütze sofort durch entsprechendes Wachsthum sich auszugleichen suchen, dass hierbei aber Geotropismus und Nutation auf jede noch wachsende Querzone einwirken; denn in allen anliegenden wachsthumsfähigen Partien hat eine schraubenlinige Streckung stattgefunden .... Es hat also hier in ganz kurzer Zeit dieselbe Bewegung stattgefunden, wie sie vom langsam um die Stütze wachsenden Stengel der Schlingpflanze allmählich ausgefürt wird: jeder Querabschnitt des wachsenden Internodiums sucht sich unter Beschreibung einer Schraubenlinie gerade zu strecken«.

Prüfen wir nun aber diese Folgerungen etwas näher, so enthält fast jeder Satz eine Unrichtigkeit oder eine willkürliche Deutung. Es ist unrichtig, dass die Spannungen in den Windungen II und III sich nach Entfernung der Stütze durch Wachsthum auszugleichen streben; sie verschwinden einfach in Folge der sofort eintretenden Krümmungsänderung, die ja den spannungslosen Zustand herbeiführen muss. Und sollten etwa noch innere Spannungen übrig bleiben, so halten sich positive und negative nothwendig das Gleichgewicht, ohne die Streckung der Internodien irgendwie zu beeinflussen. Wenn trotzdem Streckung stattfindet, so beweist dies nur die Wachsthumsfähigkeit der Internodien. Übrigens hat Wortmann gar nicht angegeben, wie sich in dieser Hinsicht die fraglichen Windungen verhielten, ob sie wirklich am Ende des Versuches merklich länger waren als bei Beginn desselben; es ist zwar von »schraubenliniger Streckung« die Rede, aber da sie »in ganz kurzer Zeit« sich vollzieht, so sind hierbei die Dimensionsänderungen in Folge der Spannungsausgleichung offenbar mit inbegriffen oder vielleicht allein in's Auge gefasst worden. Sollte beispielsweise die fragliche Zeitdauer nur etwa eine Stunde oder noch weniger betragen, so ist die letztere Annahme die allein mögliche.

Es ist demzufolge nicht wahrscheinlich, dass in so kurzer Zeit »Geotropismus und Nutation auf jede noch wachsende Querzone einwirken«, d. h. in merklichem Grade. Vielmehr haben dieselben die in Rede stehenden Spannungen schon vorher und offenbar ganz allmählich zu einer gewissen Höhe gesteigert, welche die rasche und augenfällige Formveränderung nach Wegnahme der Stütze begreiflich erscheinen lässt. Eine Tendenz zur Geradestreckung ist nicht vorhanden. Die Vergleichung des bezeichneten Vorganges mit dem freien Wachsthum des Sprossgipfels muss hiernach als eine völlig widernatürliche bezeichnet werden. Vergleichbar ist doch nur das intercalare Wachsthum der beiden Stengeltheile; dieses bewirkt natürlich in jeder Schraubenlinie eine Vermehrung der Windungen, aber diese müssen schon ursprünglich bleibend sein, wenn sie fortbestehen sollen, was beim Sprossgipfel bekanntlich nicht zutrifft. Mit der Entstehung bleibender Windungen am Gipfel steht der Wortmann'sche Versuch in keinem Zusammenhang; bei diesem handelt es sich einzig und allein um Ausgleichung von Spannungen, eventuell noch ausserdem um nachträgliches Längenwachsthum unter dem Einfluss des Geotropismus; Nutationskrümmungen kommen dabei gar nicht in Betracht.

Zum Überfluss habe ich solche »Streckungsversuche« ebenfalls angestellt und dabei ähnliche, wenn auch etwas geringere Formverände-

rungen beobachtet, wie die von Wortmann beschriebenen. Eine ursprüngliche Windung lieferte beim Engerwerden beispielsweise anderthalb neue. Durch Messung des Abstandes zwischen den angebrachten Tuschpunkten vor und nach dem Versuch habe ich mich indessen überzeugt, dass eine Verlängerung der Internodien bei dieser scheinbaren Streckung nicht stattfindet, wenigstens binnen 1 bis 2 Stunden nicht. Die Formveränderung der Windungen beruht also wirklich nur auf der Ausgleichung von Spannungen. Eine federnde Drahtspirale, die mit einigem Zwang auf eine allmählich dicker werdende Glasröhre geschoben und dann wieder zurückgezogen wird, zeigt ganz dieselben Veränderungen. Hier ist also Wortmann mit seinen Vorstellungen auf schlimme Abwege gerathen.

Damit glaube ich die wichtigsten Thatsachen, welche Wortmann gegen die Nothwendigkeit der Greifbewegung ins Feld führt, in Kürze berücksichtigt zu haben. Man wird es nach dem Gesagten begründet finden, wenn ich die erste derselben, das Vorkommen einer freien Windung, betreffs der bleibenden Krümmungen als mangelhaft bekannt und schon darum als nicht beweiskräftig, die zweite, nämlich das scheinbar kriechende Wachsthum an sehr dicken Stützen, als gänzlich missverstanden und die soeben besprochene dritte als nicht zur Sache gehörig und folglich als bedeutungslos betrachte.

Ich gehe jetzt zu dem Beweise über, dass die Greifbewegung zur Herstellung bleibender Windungen nothwendig ist. Angenommen, die sogenannten freien Windungen, welche durch Nutation und Geotropismus, ohne Zuthun der Stütze, entstehen, bilden auch nach dem Aufhören der Nutationen noch eine irgendwie beschaffene Schraubenlinie, die man durch eine rechtzeitig eingeschobene Stütze bloss zu erhalten, nicht etwa erst herzustellen hätte, dann würde doch diese Schraubenlinie eine ganz bestimmte Stellung zum Horizont und zwar voraussichtlich die lothrechte einnehmen, da ja Nutation und Geotropismus nach allen Himmelsgegenden gleiche Componenten liefern.[1] Wenn folglich eine windende Pflanze nach der Seite hin abgelenkt, d. h. bleibend gekrümmt werden soll, wie es z. B. bei einer Stütze nothwendig wird, welche zickzackförmig bald nach Norden oder Süden, bald nach Osten oder Westen geneigt ist, so bedarf es hierzu einer seitlichen, von Nutation und Geotropismus unabhängigen Kraft, welche die erforderlichen Krümmungen herbeiführt. Diese Kraft kann nun entweder durch einen Reiz wach gerufen werden, wie bei den Ranken, oder durch eine Greifbewegung, wie sie meiner Darstellung zufolge den Schlingpflanzen zukommt, oder irgendwie sonst. Das

---

[1] Vergl. hierüber Ambronn, zur Mechanik des Windens, Theil II.

Wie ist Sache der Beobachtung. Wo aber ein Reiz nicht vorhanden und eine dritte Kraftquelle nicht bekannt ist, bleibt einstweilen nur die Greifbewegung übrig, um die Ablenkung nach der Stütze hin erklären zu können, und da diese Ablenkung nothwendig ist, so gilt dies auch von der Greifbewegung.

Wortmann wird nun vielleicht einwenden, dass hier eine andere Erklärung viel näher liege; er stelle sich die freien Windungen weit genug vor, um auch eine geneigte Stütze noch umfassen zu können. Beim Anlegen der Windungen kommen alsdann die letzteren zuerst auf derjenigen Seite mit der Stütze in Berührung, nach welcher diese geneigt ist; die Ablenkung ergebe sich also durch den einseitig vorwiegenden Widerstand der Stütze von selbst, das sei aber keine Greifbewegung. Ich gebe zu, dass man sich die Ablenkung so vorstellen kann, allein diese Vorstellung stimmt mit der Wirklichkeit nicht überein. Wäre sie zutreffend, so müsste bei einer nach Osten geneigten Stütze das Anlegen der obersten Windungen auf dieser nämlichen Seite beginnen und von da allmählich nach Süden und Norden hin fortschreiten, um endlich auf der Westseite seinen Abschluss zu finden. Das ist nun entschieden nicht der Fall, sondern die lockeren, noch nutationsfähigen Windungen vollziehen ihre Greifbewegungen in der von mir beschriebenen Weise, wobei die Neigung der Stütze nur einen sehr untergeordneten Einfluss übt.

Die vorstehende Beweisführung kann jetzt auch folgendermaassen formulirt werden. Es ist Thatsache, dass unterhalb der freien Windung des Sprossgipfels noch wiederholte Greifbewegungen der nutirenden Internodien stattfinden und dass dadurch (neben der wirklichen antidromen Torsion) bleibende Krümmungen nach der Stütze hin zu Stande kommen. Erst durch diese neu hinzukommenden Dauerkrümmungen, die sich mit den eventuell gegebenen der freien Windung combiniren, wird demzufolge der definitive Zustand hergestellt — und natürlich ohne Überschuss. Daraus folgt aber, dass die freie Windung für sich allein einen ausreichenden Betrag bleibender Krümmungen nach der Stütze hin nicht zu liefern vermag, die Mitwirkung der Greifbewegung also durchaus nothwendig ist. Aber noch mehr: die freie Windung des Gipfels kann vollständig fehlen, ohne dass der Vorgang des Windens dadurch gestört würde. Die Arbeitsleistung der Greifbewegung müsste vielleicht in diesem Falle etwas höher veranschlagt werden; dafür dauern aber auch die Nutationen lange genug, um selbst beträchtlich erhöhten Anforderungen entsprechen zu können. Die Vorarbeit der freien Windung ist also ganz und gar überflüssig.

Was sonst noch (S. 16 ff.) über die »fundamentale Bedeutung« der freien Windungen gesagt ist, kann ich um so eher mit Stillschweigen übergehen, als ich meine Ansicht hierüber bereits früher ausgesprochen habe.[1] Neue, bedeutsame Thatsachen sind seitdem — abgesehen von den Untersuchungen Ambronn's — nicht hinzugekommen. Ich überlasse also die freien Windungen der freien Discussion.

Auf die Frage, wie oft denn die Greifbewegung stattfinden müsse, bis eine lockere Windung zur anliegenden, festen geworden (S. 6), kann ich nur erwiedern, dass sie in dieser Form nicht gestellt werden kann. Wir können ja bloss das Ergreifen und Wiederloslassen controliren und auch das nur so lange, als noch ein deutliches Abheben des nutirenden Stengels am Contactpunkte stattfindet. In späteren Stadien dauern zwar die Spannungsänderungen in Folge der Nutation noch einige Zeit fort; wir sehen aber jetzt bloss noch das Festhalten, nicht das Ergreifen der Stütze. Es ist dies derselbe Zustand, der bei sehr dicken Stützen von Anfang an gegeben ist. Übrigens ist auch der Krümmungsantheil, der auf die sichtbaren Greifbewegungen fällt, nicht bloss von ihrer Zahl und Dauer, sondern auch von der Energie, mit der sie ausgeführt werden, und von der Grösse des Widerstandes abhängig.

Für die Geradestreckung oder das Abwickeln der noch nicht fixirten Windungen am Klinostaten, für welche Wortmann (S. 16) einen besonderen Factor in Anspruch nimmt, erscheint mir die Erklärung Ambronn's, die sich auf Baranetzky's Beobachtungen über das Aufhören der rotirenden Nutation stützt, vollkommen ausreichend. Eine besondere, geradestreckende Kraft braucht nur Derjenige, der die vergänglichen Nutationskrümmungen in solchen Fragen wie bleibende behandelt, was allerdings bei Wortmann zutrifft.

Es erübrigt jetzt noch, mit einigen Worten auf die wenig kritische Art hinzuweisen, in welcher Wortmann die Torsionserscheinungen, speciell die wirkliche antidrome Torsion bespricht. Man sollte meinen, es wäre eine selbstverständliche Forderung, bei der Prüfung der von mir dargelegten Beziehungen dieser antidromen Torsion zur Greifbewegung nur solche Beobachtungen zu verwerthen, die sich auf regelmässiges Winden beziehen. Das Abgleiten der Endknospe von der Stütze und die damit zusammenhängenden homodromen Torsionen, die in der freien Natur sehr häufig vorkommen, müssen natürlich vermieden werden. Darauf haben nun die früheren Autoren nicht geachtet; sie haben überhaupt die Frage, um die es sich jetzt handelt, gar nicht gestellt und folglich auch nichts zu ihrer Lösung

[1] Pringsheim's Jahrb. Bd. XIII, S. 372 (1882).

beigetragen. Dessenungeachtet citirt WORTMANN alle auf Torsion bezüglichen Angaben von MOHL, PALM, DARWIN, DE VRIES, SACHS, PFEFFER, um sie gegen die meinigen, die von AMBRONN und BARANETZKY bestätigt worden sind, in die Wagschale zu legen. Ich halte das für ein unzulässiges Verfahren.

Was sodann die eigenen Beobachtungen WORTMANN's über diesen Punkt betrifft, so bedürfen sie einer geradezu umgestaltenden Correctur, deren Betrag sich indess nachträglich nicht leicht feststellen lässt. WORTMANN weicht nämlich, ganz so wie KOHL, in der Unterscheidung von »gedreht« und »ungedreht« vollständig von den in der Mechanik anerkannten Grundsätzen ab; er bezeichnet z. B. den in meiner Abhandlung »über das Winden der Pflanzen« besprochenen und in Fig. 14 abgebildeten Stab ausdrücklich als gedreht (S. 28), obschon eine wirkliche Torsion hier absolut ausgeschlossen ist. Unter solchen Verhältnissen ist natürlich jede Verständigung abgeschnitten. Wozu also noch Erörterungen? Einem so ungeometrischen Widerstand gegenüber ist auch mit den besten geometrischen Gründen nichts auszurichten.

Bezüglich der homodromen Torsion, die übrigens für die Mechanik des Windens so gut wie keine Bedeutung hat, ist WORTMANN zu der Ansicht gelangt, dass dieselbe »nichts anderes ist als eine verlangsamte kreisende Nutation« (S. 23). Wie das zu verstehen sei, mag Jeder, der sich dafür interessirt, selbst prüfen. Ich für meinen Theil will nicht verhehlen, dass mir die einschlägigen Darlegungen völlig unklar und dunkel vorkommen. Das ist jedenfalls keine Mechanik im exactwissenschaftlichen Sinne; man könnte sie eher Gefühlsmechanik nennen.

In den Schlussbemerkungen citirt WORTMANN noch eine mit seiner Auffassung übereinstimmende Mittheilung von FR. NOLL[1] »über rotirende Nutation an etiolirten Keimpflanzen«, worin zunächst gesagt ist, »dass negativer Geotropismus verbunden mit rotirender Nutation ein dünnes Internodium vollkommen zum Schlingen befähigen«. Das ist auch unzweifelhaft richtig und wird von Niemandem widersprochen. Daran schliesst sich nun aber ohne allen logischen Zusammenhang das ceterum censeo, »dass die nachträglichen Torsionen im Stengel und die von SCHWENDENER an einem complicirten Falle des Windens entdeckte Greifbewegung secundäre Hülfsmittel hochentwickelter Schlingpflanzen darstellen« — und darauf allein kommt es in dieser Frage an. Von einem auf inductivem Wege gefundenen Resultate kann hier aber gar nicht die Rede sein; es ist eine blosse Meinungs-

äusserung, ohne Motivirung. Ausserdem bemerke ich, dass NOLL einfache und complicirte Fälle des Windens offenbar nicht zu unterscheiden weiss, denn sonst würde er den von mir beschriebenen allereinfachsten Fall (wobei die freie Windung gänzlich wegfällt) nicht zu den complicirten rechnen. Übrigens ist nicht zu verlangen, dass ein Beobachter, dessen Versuchsobjecte es höchstens auf zwei steile Windungen brachten, mit dem Vorgang des Windens näher vertraut sei.

Meteorsteinfälle am Hellespont.

Von Hrn. Frank Calvert.

(Vorgelegt von Hrn. Virchow.)

Am 4. Februar, ungefähr um 6 Uhr Nachmittags, hörte man östlich von dieser Stadt (Dardanellen, Thanax Kalesi) einen starken Knall. Der Klang, dessen Wiederhall über eine halbe Minute dauerte, war gleich dem einer starken Kanone. Eine Person, welche dem Schauplatz der Explosion um einige englische Meilen näher war, beschreibt sie als eine Reihe von vier oder fünf schnell aufeinander folgenden Detonationen. Nach dem Bericht einiger Landleute, welche sich noch näher befanden, war das Meteor von einer Lichterscheinung begleitet und fiel auf den Höhenzug zu ihrer Seite.

Am folgenden Tage (den 5.) fiel ein zweiter Meteorstein um 9 Uhr 30 Minuten Abends in mehr südlicher Richtung, gleichfalls von Lichterscheinung begleitet. Der Schall dieser Detonation war stärker und kürzer als der der vorhergehenden. Der Meteorstein fiel ebenfalls auf den einige englische Meilen von der Stadt entfernten Höhenzug.

Die Geschichte berichtet von dem Fallen eines Steines im Jahre 405 v. Chr. am Aegos Potamos nahe dem Hellespont. Dieser Arolith war noch zur Zeit von Plinius zu sehen, der von ihm sagt, dass »er die Grösse einer Wagenladung und ein verbranntes Aussehen gehabt habe«.[1] Plutarch stellt in seinem »Leben Lysanders« Muthmassungen über die Herkunft des Steins an und fügt hinzu, dass er in grosser Verehrung gehalten worden sei. — Plinius erwähnt einen anderen kleineren Stein aus Abydos, wo er, wie der vom Aegos Potamos, mit Ehrfurcht betrachtet wurde. Dieser Autor schreibt,

[1] Plinius Hist. nat. Lib. II. c. 59.

dass der Fall der Meteore von Anaxagoras, dem Clazomenier, vorhergesagt wurde, und zwar der des Steines vom Aegos Potamos in dem zweiten Jahre der 78. Olympiade (467 v. Chr. oder 62 Jahre vor dem Ereigniss).

In den siebziger Jahren fand der Schreiber dieser Zeilen einen Meteorstein eine halbe englische Meile nördlich von dem Dorfe Renkioi.

Diesen Fällen ist noch ein anderes Meteor hinzuzufügen, welches 1881[2] nahe bei Thymbra in der Ebene von Troja explodirte. Dies ereignete sich mitten am Tage bei wolkenlosem Himmel.

Das Zusammentreffen von nicht weniger als sechs Meteoren, die in einem Halbkreis-Radius von fünfzehn geographischen (englischen) Meilen Entfernung von dieser Stadt fielen, ist bemerkenswerth.[1]

[1] In der mir allein zur Verfügung stehenden Übersetzung von Plutarch's Leben des Lysander durch Langhorne (London 1826 p. 200) heisst es in einer Anmerkung, »es wurden in Troja zwei massige Klumpen gezeigt,' die, wie Homer berichte, Jupiter benutzt habe, um Juno's Füsse daran zu befestigen.« Die betreffende Originalstelle habe ich nicht auffinden können; es scheint aber sehr wahrscheinlich, dass hier auf Meteorsteine hingewiesen ist, indem die goldene Kette, an welcher Jupiter seine Gattin aufhing, auf die Lichtlinie des Meteors zu beziehen sein dürfte. Auch die heutigen Griechen verwechseln die Lichterscheinung des Meteors mit dem Blitze; sie nennen die alten Steinäxte ἀστραποπελέκι und nehmen an, dass sie sowohl mit Blitz, als mit Leuchten niederfallen.

[2] Durch Versehen ist in der beigefügten Kartenskizze 1801 statt 1881 gesetzt.

Über die Folgen der Resection der elektrischen Nerven des Zitterrochen.

Von Prof. Dr. W. Krause
in Göttingen.

(Vorgelegt von Hrn. E. du Bois-Reymond am 8. Juli [s. oben S. 559].)

Im Jahre 1873 entdeckte Boll[1] ein eigenthümliches Structurverhältniss in den elektrischen Endplatten von Torpedo: die von ihm sogenannte elektrische Punktirung. Später stellte sich heraus, dass dasselbe schon von Remak[2] gesehen war, indem nämlich Punkte in der Flächenansicht der elektrischen Platten, cylindrische Stäbchen auf deren Querschnitt oder Umschlagsfalten erschienen; Boll hatte die erstere, Remak die letztere Ansicht seiner Beschreibung zu Grunde gelegt. Von Hrn. Ranvier[3] wurden die Remak'schen Palissaden als *cils électriques* bezeichnet und einer elektrischen Bürste verglichen. Boll[4] hatte dieselbe Streifung auch in den elektrischen Endplatten von *Malopterurus* nachgewiesen; Ciaccio[5] erklärte jene elektrischen Cilien für knopfförmig gestielte, den terminalen Nervenfasern in der elektrischen Platte bei Torpedo ansitzende Gebilde, die Hr. Trinchese[6] neuerdings »Neurococci« genannt und denselben eine äusserst weite Verbreitung zugeschrieben hat.

Schon von Boll[7] war eine Notiz des Inhalts veröffentlicht, dass er seine sogenannte elektrische Punktirung auch in den motorischen Endplatten von Eidechsenmuskeln wahrgenommen habe. Vorausgesetzt, jene Punktirung sei wirklich eine Art von Nervenendigung, so lag hier offenbar ein fundamentales Structurverhältniss vor. Mit meinen bisherigen Hülfsmitteln hatte ich bei *Lacerta agilis* nichts von der sogenannten elektrischen Punktirung aufzufinden vermocht und

[1] Archiv f. mikroskopische Anatomie. Bd. IX. S. 101.
[2] Archiv f. Anatomie u. Physiologie. 1856. S. 467.
[3] Leçons sur le système nerveux. T. II. 1878. p. 139.
[4] Archiv f. mikroskopische Anatomie. 1873. Bd. X. S. 242.
[5] Memorie dell'Accademia delle Scienze di Bologna. 1877. Ser. III. T. VIII.
[6] Rendiconti dell'Accademia dei Lincei. Cl. di Scienze morali, stor. e filolog. 1885.
[7] Archiv f. mikroskopische Anatomie. 1873. Bd. X. S. 253.

war dabei zu der Überzeugung gekommen, dass es nothwendig sein werde, zuerst die Punktirung im elektrischen Organ selbst gesehen zu haben. Auf meinen Antrag hatte die Königliche Akademie die Güte, mir ausser einer Reiseunterstützung einen freien Arbeitstisch in der zoologischen Station des Hrn. Professor Dohrn zu Neapel zu bewilligen. Die Königlich Preussiche Staatsregierung fügte dazu die Bewilligung eines Arbeitstisches für weitere Zeitdauer. Ich darf mir erlauben, an dieser Stelle sowohl der Königlichen Akademie wie dem Königlichen Cultusministerium meinen aufrichtigsten Dank auszudrücken für den Einblick, der mir in die Structuren der Meeresfauna verschafft worden ist.

Ich brachte die Zeit vom October 1885 bis März 1886 in Neapel zu und kann nur rühmend hervorheben: die treffliche Organisation der zoologischen Station, das liebenswürdige, bereitwilligste Entgegenkommen aller ihrer Leiter und Beamten; ihren Reichthum an wissenschaftlichen Hülfsmitteln jeder Art und die Überfülle des Materiales aus dem Golfe von Neapel.

Ich war reichlich mit vorzüglichen optischen Instrumenten versehen. Meine Untersuchungen erstreckten sich auf die motorischen Endplatten von Torpedo und die pseudoëlektrischen Organe der Rochen, die Retina von Meeresfischen, sowie auf das eingehend von mir studirte morphologische und mikrochemische Verhalten der Gallertsubstanz der elektrischen Endplatten von Torpedo, schliesslich auf deren Entwickelungsgeschichte. Eine grosse Menge Untersuchungsmaterial, dessen Ausnutzung noch längere Zeit erfordern dürfte, habe ich wohl conservirt nach Deutschland zurückgebracht. Über dies Alles kann hier nicht berichtet werden, ich beschränke mich vielmehr zunächst auf die Resultate einer Experimental-Untersuchung.

Ursprünglich hatte ich die sogenannte elektrische Punktirung wie die oben genannten Forscher für eine Art von Nervenendigung gehalten und die Anzahl der Punkte auf einem Quadratmillimeter der elektrischen Platte bei Torpedo an Überosmiumsäure-Praeparaten zu durchschnittlich ungefähr einer Million bestimmt. Brieflich machte mich jedoch Hr. E. du Bois-Reymond darauf aufmerksam, dass nach seiner Meinung das in Rede stehende Structurverhältniss unmittelbar nichts mit der Elektricitätserzeugung zu thun habe. Er glaubt vielmehr, dass dasselbe, »dem Stäbchensaum des Darmepithels vergleichbar, nur den Sinn habe, den Stoffwechsel der elektrischen Platte zu erleichtern, indem dadurch Hrn. Brücke's unächten Lösungen, Graham's colloïden Stoffen, welche wegen der Grösse ihrer Molekeln structurlose Membranen schwer durchdringen, schnell der Durchgang verstattet werde«. In dieser Weise spricht sich Hr. du Bois-Reymond in seiner

Bearbeitung der SACHS'schen Untersuchungen aus,[1] und Hr. FRITSCH hat sich ihm, in dem von ihm verfassten Anhang zum Werke, mit der Bemerkung angeschlossen, dass »die BOLL'sche Strichelung seiner Überzeugung nach ein Gerinnungsphaenomen in einer porösen Membran darstelle«.[2] So sicher es nun aus anderen Gründen ist, dass die Palissaden weder nervöse Knöpfe noch elektrische Cilien sind, schien es mir doch nicht überflüssig, die Methode der Nervenresection, welche ich[3] früher schon oft auf Fragen über die letzte Endigung sensibler und motorischer Nerven angewendet hatte, mit besonderer Rücksicht auf das Verhalten der sogenannten elektrischen Punktirung zu versuchen.

Es kam dabei darauf an, die Zitterrochen hinlänglich lange Zeit am Leben zu erhalten; es sollte daher vermieden werden, den Thieren grosse Wunden beizubringen (vergl. unten). Deshalb wurde nur ein relativ kleiner Nerv des elektrischen Organs durchschnitten und hierfür bot sich naturgemäss der sogenannte *R. electricus nervi trigemini* als geeignet dar.

In Wahrheit ist nun dieser sogenannte *R. electricus n. trigemini* freilich ein Ast des *N. facialis*, als welchen ich denselben bereits früher[4] bezeichnet hatte. Wie mir Hr. DOHRN an Serienschnitten von Torpedo-Embryonen zeigte, lässt sich an solchen der betreffende Ast bis in die *Portio intermedia n. acustici* verfolgen, welche letztere ausschliesslich in den genannten Ramus übergeht. Im erwachsenen Thier wird der Ast beim Austritt aus der knorpligen Schädelkapsel, durch das Foramen des *N. trigeminus* hindurch, von letzterem vermöge eines Fortsatzes der Dura mater vollkommen getrennt, wie schon SIHLEANU[5] angab. Verfolgt man den Ast mit dem Scalpell proximalwärts, so sieht man den Spaltraum zwischen ihm und dem *N. trigeminus* immer grösser werden. An der Medulla oblongata angekommen, schliesst der Nervenzweig caudalwärts absteigend sich den Wurzelbündeln des *N. facialis* an, während der *N. trigeminus* mehr horizontal in die Medulla oblongata eindringt. — Offenbar ist die allgemein verbreitete irrthümliche Bezeichnungsweise des Nerven als Zweig des *N. trigeminus* dadurch entstanden, dass man sich begnügte, ersteren bis zur Austrittsstelle aus der Schädelkapsel zu verfolgen.

[1] CARL SACHS' Untersuchungen am Zitteraal. 1881. S. 291.

[2] Daselbst, S. 391.

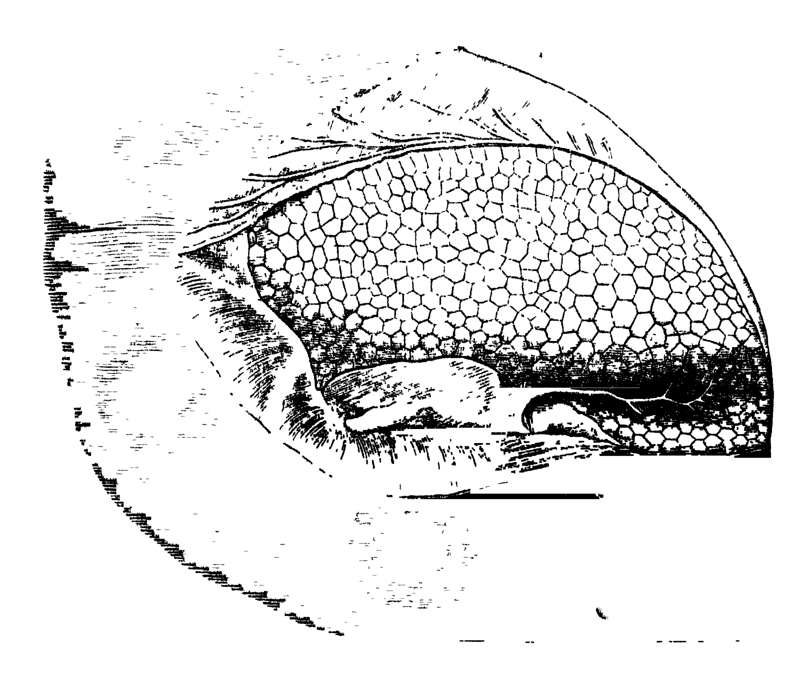
[3] Die terminalen Körperchen der einfach sensiblen Nerven. Hannover 1860. — Beiträge zur Neurologie der oberen Extremität. Leipzig und Heidelberg. 1865. — Die motorischen Endplatten der quergestreiften Muskelfasern. Hannover 1869.

[4] Allgemeine und mikroskopische Anatomie 1876. S. 486.

[5] De pesci elettrici e pseudo-elettrici. Napoli 1876. p. 21.

Das Operationsverfahren ist überaus einfach. Der Fisch liegt auf dem Bauche, auf einem Praeparirbrett. Man fühlt nach dem lateralen Ende des knorpeligen Unterkieferbogens, wo derselbe mit dem Oberkiefer articulirt. Eine Verwechselung mit der weiter caudalwärts und lateralwärts gelegenen dorsalen Ecke des fünften Kiemenbogenknorpels ist nach einem Blick auf die Abbildung ausgeschlossen. Unmittelbar caudalwärts von, oder hinter jenem lateralen, knopfförmigen Ende des Unterkieferbogens steigt ein starker Ast des *N. facialis* von der Dorsalseite her ventralwärts herab, um sich in dem medialen und cranialwärts gelegenen Theil des elektrischen Organes zu verzweigen; dies ist der *R. electricus n. facialis.* Ein vorderer Zweig des *R. electricus* versorgt den Apparatus follicularis von Savi; der hintere verzweigt sich, ziemlich parallel der Körperaxe cranialwärts verlaufend, wie gesagt im cranialen Abschnitt des elektrischen Organes.

Man macht mit dem Scalpell einen transversalen Hautschnitt von 1 bis 2^{cm} Länge nahe caudalwärts vom lateralen, knopfförmigen, linken Ende des Unterkiefers, dringt mit Scalpellstiel und Pincette in die Tiefe, fasst das Perineurium des *R. electricus* mit einer Pincette,



Linke vordere Hälfte einer Torpedo ocellata mit fünf Augenflecken, der *R. electricus* des *N. facialis* und der vordere Theil des elektrischen Organes ist an der linken Seite freipraeparirt. Körperlänge des Thieres 34^{cm}, grösste Breite 20^{cm}. Die Zeichnung ist von dem Zeichner der zoologischen Station in Neapel, Hrn. Merculiano, nach der Natur ausgeführt und nachher auf ½ reducirt worden. Man sieht: Die Augen: ihre Lider sind geschlossen. — Die Spritzlöcher hinter den Augen. — Das elektrische Organ theilweise freipraeparirt mit den polygonalen Enden der elektrischen Prismen oder Säulen. — Den *R. electricus* des *N. facialis.* — Den *R. palatinus n. facialis*, einen kleinen, vor dem *R. electricus* quer über den Unterkieferknorpel verlaufenden Nervenzweig. — Den Unterkiefer, an dessen hinterer dorsaler Ecke der *R. electricus n. facialis* hervortritt. — Die dorsale Ecke des fünften Kiemenbogens viel weiter nach hinten gelegen. — Die Lorenzini'schen Schleimkanäle lateralwärts, die Strahlen des Brustflossenrandes kreuzend.

durchschneidet den ersteren mit einer feinen Scheere und resecirt ein Stück des peripherischen Abschnittes von 10—12^{mm} Länge. Das Thier verhält sich meist so ruhig, dass es gar nicht gehalten zu werden braucht und giebt auch keine stärkeren elektrischen Schläge, falls es nicht zufällig ganz frisch eingefangen sein sollte. Benutzt wurden grosse, 41—52^{cm} lange Exemplare von *Torpedo marmorata* und *ocellata*; zum Theil waren sie erst vor einigen Stunden ,in's Netz gegangen. Die LORENZINI'schen Kanäle, denen man in der Wunde begegnen kann, werden mit stumpfen Haken zur Seite gezogen. Die Hautwunde kann man zunähen. Nach der Operation, bei der kein Blutstropfen fliesst, bewahrt man die Zitterrochen zwischen den übrigen im Aquarium auf.

Nach 16—30—35 Tagen wurden die operirten Thiere getödtet, indem man sie auf einem Tisch auf den Rücken legt und einen mit Chloroform getränkten Baumwollenbausch mit der Pincette in den Mund bringt. Sie sterben sehr rasch. Bei der Section findet sich die Wundgegend in der Tiefe mit Blut infiltrirt, das freigelegte Organ sieht für das freie Auge vollkommen unverändert aus: Will man auch die *R. electrici* des *N. vagus* durschschneiden, so muss man eine sehr lange Hautwunde anlegen, die gar nicht exact zu schliessen ist, das Seewasser dringt also ein, verändert die Farbe und Beschaffenheit des elektrischen Organes. Ausserdem treten, wie man weiss, secundäre Entzündungserscheinungen[1] auf, was Alles bei der hier befolgten Methode vermieden wird. Da es in Betreff der sogenannten elektrischen Punktirung darauf ankam, die Thiere relativ lange und vollständig gesund am Leben zu erhalten, so schien es wie oben gesagt gerathen, sich auf die Durchschneidung jenes viel kleineren *R. electricus n. facialis* zu beschränken.

Je nach der Zeitdauer, die nach der Resection verstrichen ist, zeigen sich die bekannten Gerinnungserscheinungen des Nervenmarkes, sowohl in den Fasern des peripherischen Nervenstumpfes, als in den doppeltcontourirten Nervenfasern der elektrischen Lamellen mehr oder weniger weit fortgeschritten; bekanntlich ist der Stoffwechsel bei der Torpedo nur langsam. Während die Terminalfasern des scheinbaren Endnetzes in der elektrischen Platte allmählich unzweifelhaft atrophisch, die Maschen des Netzes daher weiter und unregelmässiger werden, liess die sogenannte elektrische Punktirung nicht die geringste Veränderung wahrnehmen, mochte nun das Praeparat frisch vom eben getödteten Thiere genommen in der Flüssigkeit des elektrischen Organes selbst untersucht werden, oder nach zweitägiger Härtung in Überosmiumsäure, Tingirung mit Säurefuchsin u. s. w. Zur Ver-

[1] Vergl. RANVIER, Leçons sur le système nerveux. T. II. 1878. p. 210, 213.

gleichung wurden stets Theile des Organes, deren Nerven nicht durchschnitten waren, auch wohl der nicht-operirten Körperseite herangezogen. Ebenso wenig liess sich an der Gallertsubstanz der elektrischen Endplatten nach fünf Wochen eine Veränderung wahrnehmen, höchstens sieht dieselbe ein wenig trüber und etwas mehr körnig aus.

Da die sogenannte elektrische Punktirung nach Nervenresectionen sich nicht verändert, so kann sie keinenfalls länger für eine Nervenendigungsform gehalten werden. Wenigstens scheint dieser Schluss erlaubt, wenn man bedenkt, dass die elektrischen Nerven unzweifelhaft gewöhnlichen motorischen Nerven homolog sind, welche letzteren sowie ihre zugehörigen motorischen Endplatten nach Nerven-Resectionen ausnahmslos entarten. Immerhin mag es gestattet sein, auch noch auf die anderweitigen, oben angedeuteten, rein morphologischen Unterstützungen desselben Schlusses zu verweisen.

Über Bau und Entwickelung der Siphonophoren.

Von Prof. CARL CHUN
in Königsberg i. Pr.

Dritte Mittheilung.

(Vorgelegt von Hrn. FR. E. SCHULZE am 8. Juli [s. oben S. 559].)

1. Über *Diphyes subtilis* n. sp. und deren Eudoxiengruppen.

Es mag auf den ersten Blick sehr auffällig scheinen, dass die gemeinste aller Siphonophoren des Mittelmeeres bis jetzt gänzlich unbekannt geblieben ist. Die Zahl der im Mittelmeer vorkommenden Siphonophoren ist ja eine beschränkte und spätere Forscher haben den durch LEUCKART, VOGT, GEGENBAUR, KÖLLIKER, KEFERSTEIN und EHLERS beschriebenen Arten nur wenig neue Formen hinzugesellt.[1]

Ich will im Folgenden versuchen, die Gründe anzuführen, weshalb eine Diphyide, deren Glocken man zu jeder Jahreszeit ebenso häufig, wie die gemeinsten Medusen in dem mit dem Schwebnetz gefischten Auftrieb antrifft, unbeachtet blieb und mich selbst früherhin zu irrthümlichen Deutungen veranlasste.

Nachdem ich nachgewiesen hatte, dass der fünfkantigen Schwimmglocke von *Muggiaea Kochii* eine heteromorph gebildete mützenförmige vorausgeht,[2] so lag die Vermuthung nahe, dass überhaupt für die gesammten Calycophoriden ein solcher Wechsel heteromorpher Glocken charakteristisch sei. Ich versuchte zunächst, es wahrscheinlich zu machen, dass den bisher bekannten Monophyiden, nämlich *Monophyes gracilis* und *M. irregularis* heteromorphe primäre Glocken zukommen.[3] Gleichzeitig mit den durch ihre medusenförmigen Glocken ausgezeich-

[1] Von neuen Arten aus dem Mittelmeere wurden späterhin durch METSCHNIKOFF *Praya medusa* und *Stephanomia picta* (= *Halistemma Tergestinum* CLAUS) beschrieben. CLAUS schilderte dann genauer die von HUXLEY und PAGENSTECHER beobachtete *Monophyes gracilis* (*Sphaeronecles* HUXL.) und unterschied sie von *M. irregularis* n. sp. Neuerdings entdeckte er noch eine kleine interessante Physophoride, nämlich die *Agalmopsis utricularia*. Ich habe inzwischen vier neue Siphonophoren aufgefunden, nämlich *Diphyes subtilis*, zwei Arten der Gattung *Lilyopsis* n. g. und eine sehr ansehnliche *Forskalia*. Die ausführliche Beschreibung und Abbildung derselben wird in einer Monographie der Siphonophoren gegeben werden.

[2] Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften. 1882. LII. S. 1155.

[3] A. a. O. 1885. XXVI. S. 511.

neten beiden Monophyiden trifft man nämlich in dem Auftriebe isolirte Siphonophorenglocken an, die ein winziges Stämmchen mit Anhangsgruppen tragen. Die genauere Beobachtung des Stämmchens zeigte eine mit *Monophyes irregularis* identische Anordnung der Anhangsgruppen. Das Stämmchen sitzt neben der Öffnung des Schwimmsackes an der Basis eines langen Saft- oder Ölbehälters, dessen oberes Ende aufgetrieben ist und den charakteristischen Öltropfen birgt. Die Glocke selbst ist schwach fünfkantig und ähnelt einer oberen Diphyidenglocke. Durch die Identität in der Ausbildung der noch wenig entwickelten Knospengruppen glaubte ich mich zu dem Schlusse berechtigt, dass der medusenförmigen Schwimmglocke von *M. irregularis* eine heteromorph gebildete primäre Glocke vorausgehe, welche abgeworfen wird, nachdem die am Anfangstheil des Stämmchens nachweisbare Reserveglocke sich zu dem definitiven Schwimmstück ausgebildet hat.

Gleichzeitig mit der genannten Glocke trifft man kleine Siphonophoren an, welche durch eine mit zwei seitlichen Flügeln ausgestattete Glocke und ein winziges Stämmchen charakterisirt sind, das zwischen den Flügeln über der Subumbrella sich inserirt. Ein Ölbehälter fehlt diesen Schwimmglocken. Wenn auch die beobachteten Stämmchen noch wenig entwickelte Knospenanhänge aufwiesen, so vermuthete ich doch, dass sie zu den Anhangsgruppen der zweiten Art von *Monophyes*, nämlich *M. gracilis*, sich ausbilden möchten. Da die Stämmchen sich ungemein leicht, meist noch während der Beobachtung, von den genannten Glocken loslösten und, da überhaupt diese zarten Siphonophoren kaum einen Tag lang am Leben zu erhalten waren, so gelang es mir leider nicht, die vermuthete Ausbildung der Reserveglocken zu den definitiven Monophyidenglocken zu beobachten.

Als ich im vergangenen Frühjahre zum Zwecke weiterer Studien über die Siphonophoren durch die Munificenz der Königlichen Akademie der Wissenschaften in den Stand gesetzt wurde mich in der Neapler Zoologischen Station aufzuhalten, suchte ich die Lücken in den genannten Beobachtungen zu ergänzen. Wenn auch die abnorme Witterung dem Erscheinen der Siphonophoren wenig günstig war, so traf ich doch regelmässig in dem Auftriebe die beiden in Rede stehenden Glocken mit den kleinen Stämmchen an. Selbst in dem Golfe von Alghero auf Sardinien, der an pelagischen Thieren ausserordentlich arm war, beobachtete ich von pelagischen Colenteraten ausser einer eigenthümlichen Sarsie, deren Beschreibung ich an einer anderen Stelle geben werde, lediglich die genannten Siphonophoren. Es gelang mir bald Stämmchen zu fischen, an denen zahlreichere und weiter entwickelte Knospengruppen auftraten. Die untersten derselben hatten einen Fangfaden differenzirt, dessen Nesselbatterien sowohl bezüg-

lich der Grösse als auch der citronengelben Färbung mit den Batterien der *Monophyes irregularis* übereinstimmten. Ich glaubte hiermit die Beziehungen zu *Monophyes* um so mehr gesichert, als auch Claus bei seiner Ableitung der Diplophysen als Anhangsgruppen der Monophyiden sich durch die Identität der Polypen und Nesselbatterien bestimmen liess.

Um so überraschender war die Wahrnehmung, dass solche weiter entwickelte Stämmchen mit den gelben Nesselknöpfen in durchaus identischer Ausbildung an beiden gänzlich verschiedenen Glocken auftraten. War somit die Vermuthung nahe gelegt, dass beide Glocken demselben Thiere angehören möchten, so machten weitere Beobachtungen es trotz der auffälligen Beziehungen zur *M. irregularis* immer unwahrscheinlicher, dass in der That solche obwalten möchten. An der mit zwei flügelförmigen Anhängen ausgestatteten und eines Ölbehälters entbehrenden Glocke zeigte nämlich die an dem Anfangstheil des Stämmchens sitzende weiter entwickelte Reserveglocke einen Gefässverlauf, der jedenfalls der definitiven Monophyes-Glocke nicht zukommt, wohl aber für die oberen Schwimmglocken der meisten Diphyiden charakteristisch ist. Da wiederum alle Versuche, die zarten Siphonophoren länger als einen Tag am Leben zu erhalten und dadurch die definitive Form der Reserveglocke zu beobachten, fehlschlugen, so gab ich den Fang mit dem Müller'schen Netze auf (auch die Befestigung eines Glases am Ende des Netzes lieferte, trotz der schonenderen Fangmethode stets nur isolirte Glocken) und versuchte mir durch Schöpfen an der Oberfläche Material zu verschaffen. Ich erhielt auf diese Weise im Ganzen sechs Siphonophorenstämmchen, die alle Zweifel beseitigten.

Beide, bisher nur isolirt beobachtete Glocken, gehören einer neuen Diphyide an und zwar repräsentirt die mit dem Ölbehälter ausgestattete fünfkantige Glocke die obere und die mit vier Kanten versehene, eines Ölbehälters entbehrende, die untere Diphyidenglocke. Zwei dieser Kanten sind flügelförmig ausgezogen und der Öffnung des Schwimmsackes der oberen Glocke zugekehrt.

Beide Glocken hängen an der Insertionsstelle des Stammes zusammen. Sie messen 1 bis 1cm4 und schweben in der Ruhelage horizontal mit nach oben gekehrtem Ölbehälter. Zwischen ihnen pendelt der Stamm herab, den ich nur an einem Exemplar von ansehnlicher Länge und mit 24 Knospengruppen ausgestattet antraf. Ausserordentlich leicht trennen sich die Glocken; meist geschah dies noch während der Beobachtung oder bereits nach ein bis zwei Stunden. Dann haftet das Stämmchen, wie das früher bereits angedeutet wurde, entweder am unteren Rande der oberen oder zwischen den beiden Flügeln der unteren Glocke. An allen intakten Exemplaren war zwischen beiden

Glocken eine Reserveglocke zu beobachten, die offenbar die leichte Trennung begünstigt; das grösste Exemplar liess neben der bereits weit entwickelten Reserveglocke die Knospe für eine zweite solche erkennen.

Wenn auch die Knospengruppen des Stammes jenen von *M. irregularis* gleichen und auch darin eine Übereinstimmung aufweisen, dass gelegentlich nur Deckschuppe und Genitalglocke angelegt werden, so tritt doch an den am weitesten ausgebildeten Gruppen ein charakteristischer Unterschied in der Ausbildung der Deckschuppe hervor. Sie verliert nämlich ihre kuglige Form, plattet sich nierenförmig ab und beginnt in der für die Diphyiden charakteristischen Weise den Stamm und die übrigen Gehänge mit zwei seitlichen übereinander greifenden Flügeln zu umfassen. Bei beiden Arten von Monophyes behält dagegen, wie ich den Beobachtungen von Claus ergänzend hinzufüge, die Deckschuppe ihre kuglige Form bis zur definitiven Ausbildung bei. Die letzten Anhangsgruppen des grössten Stämmchens zeigten nun folgenden Bau. Der contractile Magenpolyp besitzt an der Basis den charakteristischen Ektodermwulst und lässt eine zarte, nach der Mundöffnung gerichtete ektodermale Flimmerung erkennen. Der dem Magenpolypen an der Basis ansitzende Fangfaden zeigt an seiner Ursprungsstelle zahlreiche unentwickelte durchsichtige und 18 bis 20 ausgebildete, kurzgestielte und hochgelb gefärbte Nesselknöpfe. Nahezu rechtwinklig zu der Insertionsstelle des Fangfadens liegt etwas oberhalb des letzteren die Genitalknospe mit vier Gefässen und einem Ringkanal. Eine Differenzirung der Geschlechtsproducte in dem Genitalklöppel war nicht deutlich nachzuweisen, wohl aber eine Reserveknospe an der Basis. Ihr gegenüber sitzt seitlich am Stamme die Deckschuppe, welche mit ihren beiden Flügeln das obere Drittel des Magenpolypen bedeckt; der Gefässkanal zieht sich deutlich zu der Anlage des Ölbehälters aus.

Die wenig vorgeschrittene Differenzirung der Geschlechtsprodukte liess vermuthen, dass die Anhangsgruppen als Eudoxien sich lösen und eine freie Existenz führen würden. Bei der Zartheit der *Diphyes subtilis*, wie ich die neue Art nenne, schien es freilich wenig wahrscheinlich, dass die Eudoxienbildung direct constatirt werden könne. Trotzdem gelang ich rascher zum Ziele, als ich vermuthete. Das grösste Stämmchen war nämlich gegen Abend, obwohl es beide Schwimmglocken schon kurz nach dem Einfangen verloren hatte und auf dem Boden des Gefässes lag, noch so kräftig, dass es energisch sich contrahirte und ausdehnte. Ich versetzte es in ein Gefäss mit frischem Seewasser und konnte am nächsten Morgen bereits sechs ausgebildete Eudoxiengruppen lebhaft umherschwimmend bemerken. Sie unterscheiden sich von den bisher bekannten Eudoxien ziemlich leicht, ähneln aber wiederum in einer Hinsicht auffällig den Diplophysen

der *Monophyes irregularis*. Die Deckschuppe nämlich bildet sich durch ansehnliche und rasche Verdickung der Gallerte zu einem annähernd kugligen Deckstück aus, das fast mit dem gleichen der *Diplophysa* zu verwechseln ist. Von der Seite gesehen besitzt es helmförmige Gestalt und weist in der Mitte einen kurzen, schräg aufsteigenden und relativ weiten Ölbehälter mit den charakteristischen polyedrischen Zellen und einem Öltropfen auf. Scharfe Firsten als letzte Andeutungen der flügelförmigen Ränder, wie sie an den Eudoxiendeckstücken der *Muggiaea* und *Diphyes acuminata* vorkommen, fehlen völlig. Während Magenpolyp und Fangfaden keine Veränderung erkennen lassen, so ist hingegen die Genitalglocke rasch herangewachsen. Die Exumbrella ist in vier Kanten ausgezogen, von denen zwei etwas stärkere Ausbildung nehmen. Der Schirmrand springt zwischen letzteren weit vor. Die Gefässverbindung zwischen Ölbehälter und dem noch ziemlich unansehnlichen Genitalklöppel ist kurz und breit. Oberhalb letzterem entspringen vier Gefässe, welche insofern einen abweichenden Verlauf nehmen, als sie in dem unteren Drittel der Glocke sich gabeln und durch bogenförmige Commissuren in Verbindung setzen. Von der Mitte jeder Commissur geht dann ein kurzer radialer Stamm zu dem Ringkanal ab.

Nachdem ich auf die Eudoxiengruppen der *Diphyes subtilis* aufmerksam geworden war, so gelang es mir bald, dieselben in grosser Zahl und ziemlich constant in dem Auftriebe aufzufinden. Ein wesentlicher Unterschied zwischen den älteren und jungen Eudoxien beruht, abgesehen von der ansehnlichen Entwickelung des mit reifen Eiern oder Sperma erfüllten Genitalklöppels auf dem abweichenden Gefässverlauf der Genitalglocken. Späterhin lassen sich nämlich nur noch vier Radialgefässe nachweisen, während die interradialen Stämme mit ihren bogenförmigen Verbindungen rückgebildet werden und nur als feine Linien auf der Subumbrella erkennbar sind. Neben der Genitalglocke treten stets eine oder zwei Ersatzknospen für die späteren Glocken auf.

Die von mir soeben geschilderten Eudoxiengruppen sind, wie ich mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen darf, bereits vor langer Zeit von Will in seinen Horae Tergestinae p. 82, Taf. II Fig. 30 beschrieben und abgebildet worden. Will fasst nach dem Vorgange von Eschscholtz die sogenannten monogastrischen Diphyiden unter dem Gattungsnamen *Ersaea* zusammen und erwähnt dreier adriatischer Formen, nämlich *Ersaea pyramidalis, truncata* und *elongata*. Dass seine *Ersaea truncata* mit der von Gegenbauer beschriebenen *Diplophysa inermis* identisch sein dürfte, heben sowohl Gegenbauer[1] wie Claus[2],

---

[1] Beiträge zur Kenntniss der Schwimmpolypen 1854 S. 10.

[2] Schriften zoologischen Inhalts II die Gattung *Monophyes* und ihren Abkömmling *Diplophysa*. 1874.

der ihre Zugehörigkeit zu *Monophyes gracilis* erkannte, hervor. Ich selbst wies nach, dass die *Ersaea pyramidalis* identisch ist mit der von Busch beschriebenen *Eudoxia Eschscholtzii*, und dass sie die frei gewordenen Anhangsgruppen der *Muggiaea Kochii* repräsentirt. So bliebe dann noch als einzige bisher in ihren Beziehungen zu Monophyiden bez. Diphyiden noch nicht aufgeklärte Eudoxia des Mittelmeeres die *Ersaea elongata* übrig. Ein Blick auf die allerdings ungenügende Beschreibung und Abbildung lässt indessen kaum daran zweifeln, dass die *Ersaea elongata* Will's identisch ist mit den soeben geschilderten Eudoxiengruppen und demgemäss dem Entwickelungscyklus von *Diphyes subtilis* zugehört.

Mit dem Nachweis, dass die *Diphyes subtilis* eine selbständige und wohl charakterisirte Art repräsentirt, welche allerdings so viele Ähnlichkeiten an ihren Anhangsgruppen mit den Monophyiden darbietet, dass eine Täuschung erklärlich war, bevor der Zusammenhang beider Glocken beobachtet wurde, dürfte es doppelt von Interesse sein den Entwickelungsgang der Monophyiden zu beobachten. Mir ist es bis jetzt nicht geglückt, gleichzeitig völlig reife männliche und weibliche Diplophysen zu erhalten und eine künstliche Befruchtung vorzunehmen. Es bleibt somit noch der Nachweis zu führen, ob denselben nach Analogie der Entwickelung von *Muggiaea Kochii* eine heteromorphe primäre Glocke zukommt, die abgestossen wird, oder ob die definitive Glocke gleich von vornherein am Embryo angelegt wird und eine primaere repräsentirt.

Dass die gemeinste aller Diphyiden und im Mittelmeer offenbar am weitesten verbreitete bisher unbeachtet blieb, wird aus der obigen Darstellung einigermaassen erklärlich sein. Ihre Glocken wurden nie im Zusammenhang beobachtet, die gelegentlich vorkommenden kleinen Stämmchen wurden übersehen und bei der Fülle im Auftriebe sich umhertreibender isolirter Siphonophoren-Glocken schenkte man jenen keine Aufmerksamkeit, deren Herkunft zweifelhaft war.

II. Über die Eudoxiengruppen der Calycophoriden.

»Unsere Kenntnisse über Eudoxien und Diphyiden sind im Augenblick noch so unvollständig, dass wir es nicht einmal wagen können, die einzelnen bis jetzt beschriebenen Eudoxien auf ihre Diphyidenformen zurückzuführen«; so schreibt Leuckart in seinen trefflichen Untersuchungen über Siphonophoren (1853 S. 69), in denen er überzeugend die Abstammung der *Eudoxia cuboides* von *Abyla pentagona* darthut. Inzwischen sind unsere Kenntnisse wesentlich vollständiger geworden, und wir vermögen jetzt von sämmtlichen aus dem

Mittelmeer beschriebenen Eudoxiengruppen die Zugehörigkeit zu Monophyiden und Diphyiden mit Sicherheit anzugeben. Ebenso sicher ist es andererseits, dass eine grosse Zahl von Diphyiden keine Eudoxien producirt.

Der Erste, welcher einen Zusammenhang zwischen den Eudoxien und den Anhangsgruppen der Diphyiden vermuthete, war SARS. In seiner ausgezeichneten Fauna littoralis Norvegiae 1846 gelangt er bei der Darstellung der *Diphyes truncata* zu der Ansicht, dass die ESCHSCHOLTZ'schen Gattungen *Ersaea* und *Eudoxia* aus dem Systeme gestrichen werden müssten, weil sie abgerissene Anhangsgruppen von Diphyiden repräsentirten. LEUCKART, GEGENBAUR und VOGT wiesen dann unabhängig von einander nach, dass die *Eudoxia cuboides* mit ihren charakteristischen würfelförmigen Deckstücken der *Abyla pentagona* zugehört und alle drei Forscher gelangen zu der Ansicht, dass die »monogastrischen Diphyiden« als selbstandige Arten nicht aufrecht zu erhalten seien. LEUCKART bezog weiterhin mit Recht die allgemein verbreitete *Eudoxia campanula* auf *Diphyes acuminata*. Späterhin wies dann CLAUS (a. a. O.) nach, dass die *Diplophysa inermis* die freischwimmenden Anhangsgruppen von *Monophyes gracilis* repräsentirt, und dass eine mit einem kleineren Deckstück ausgestattete *Diplophysa* zu *M. irregularis* gehört. Mir selbst gelang es dann die *Eudoxia Eschscholtzii* als Abkömmling der *Muggiaea Kochii* nachzuweisen und, wie ich soeben darlegte, die *Ersaea elongata* auf *Diphyes subtilis* zurückzuführen. Ich stelle in folgender Tabelle die Eudoxien des Mittelmeeres und die zugehörigen Monophyiden und Diphyiden zusammen:

	Eudoxien	Monophyiden und Diphyiden
1.	*Cuboides vitreus* (?) QUOY u. GAIMARD *Eudoxia cuboides* LEUCKART	*Abyla pentagona* ESCHSCHOLTZ (LEUCKART, GEGENBAUR, VOGT 1853).
2.	*Eudoxia Messanensis* GEGENBAUR *Eudoxia campanula* LEUCKART	*Diphyes acuminata* LEUCKART (LEUCKART 1853),
3.	*Ersaea truncata* WILL *Diplophysa inermis* GEGENBAUR	*Monophyes gracilis* CLAUS (CLAUS 1874),
4.	*Ersaea pyramidalis* WILL *Eudoxia Eschscholtzii* BUSCH	*Muggiaea Kochii* CHUN (CHUN 1882),
5.	*Ersaea elongata* WILL	*Diphyes subtilis* CHUN.

Die fünf hier angeführten Eudoxienformen sind im Mittelmeer weit verbreitet und gemein. Es ist nicht zu leugnen, dass überhaupt die Loslösung der Anhangsgruppen von dem Stamme die geographische Ausbreitung begünstigt. Was die Geschlechtsverhältnisse derselben und den ständigen Ersatz der Genital-Schwimmglocken anbelangt, so verweise ich auf meine früheren Bemerkungen.[1]

[1] Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. Berlin 1885 S. 14.

Für alle übrigen Diphyiden des Mittelmeeres (von einigen noch wenig bekannten Arten abgesehen) muss ich eine Production von Eudoxien in Abrede stellen. So reifen, wie das die früheren Beobachter übereinstimmend darstellen, bei *Galeolaria (Epibulia) aurantiaca* die Geschlechtsproducte am Stamme, bevor eine Loslösung der Gruppen stattfindet. Dasselbe gilt, wie GEGENBAUR[1] bereits constatirte und wie ich mehrfach zu bestätigen Gelegenheit fand, für *Diphyes turgida*. Auch *Praya maxima* bildet keine Eudoxiengruppen. Ich habe schon früher darauf hingewiesen, dass die vollkommen geschlechtsreifen Exemplare derselben an fast sämmtlichen Anhangsgruppen des Stammes gleichzeitig reife Eier und Samenfäden erkennen lassen; eine Wahrnehmung, die ich durch Untersuchung zweier grosser *Praya* in diesem Frühjahre bestätigen konnte. So blieben denn von Diphyiden schliesslich nur noch jene Formen übrig, welche ich wegen des Besitzes von »Special-Schwimmglocken« zu der Gattung *Lilyopsis* vereinigte. Zu ihnen gehört die von VOGT entdeckte *L. (Praya) diphyes*, *L. (Praya) medusa* METSCHNIKOFF und zwei von mir neu aufgefundene Arten, deren eine ich bereits als *L. rosea* beschrieb. Wenn ich auch die beiden ersteren Arten nicht selbst zu untersuchen Gelegenheit fand, so muss ich doch für sie ebensowohl wie für die letzteren eine Eudoxienbildung in Abrede stellen. Nicht nur sind nie die isolirten Anhangsgruppen derselben beobachtet worden, sondern bei ihnen allen reifen die Geschlechtsproducte in Gonophorenträubchen am Stamme. Es scheint mir demgemäss der Satz berechtigt zu sein, dass allen jenen Diphyiden eine Bildung von Eudoxien abgeht, deren Geschlechtsproducte, sei es nur an den letzten Anhangsgruppen, sei es in grösserer Ausdehnung am Stamme reifen. Im Gegensatz zu den eben erwähnten Arten sind die oben angeführten Monophyiden und Diphyiden dadurch charakterisirt, dass die Geschlechtsproducte erst nach Loslösung der Eudoxiengruppen zur Reife gelangen.

[1] Über *Diphyes turgida*, Zeitschr. f. wiss. Zool. 1854 Bd. 5 S. 447. GEGENBAUR erwähnt keinen Ölbehälter an der oberen Schwimmglocke, auch KEFERSTEIN und EHLERS stellen ausdrücklich die Existenz eines solchen in Abrede. Ein solches Verhalten würde unter allen Diphyiden allein für *D. turgida* charakteristisch sein. Ich habe mich jedoch überzeugt, dass ein solcher, wenn auch von geringer Grösse (er misst kaum einen Millimeter), oberhalb der Insertion des Stammes vorhanden ist.

Ausgegeben am 29. Juli.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1886.

XXXIX.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN

29. Juli. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Curtius.

1. Hr. Wattenbach las über die Inquisition gegen die Waldenser in Pommern und der Mark Brandenburg.

Der Abdruck erfolgt in den Abhandlungen.

2. Hr. von Helmholtz legte eine Abhandlung des Hrn. Dr. Goldstein vor über eine noch nicht untersuchte Strahlungsform an der Kathode inducirter Entladungen.

Die Mittheilung erfolgt in dem Sitzungsberichte.

3. Hr. Kronecker las: zur Theorie der elliptischen Functionen (Fortsetzung der Mittheilung vom 27. Mai).

Die Mittheilung erfolgt in dem Sitzungsberichte.

4. Hr. Schulze legte vor histologische Untersuchungen über das Nervensystem der Chaetopoden von Hrn. Dr. Emil Rohde aus Breslau.

Der Abdruck erfolgt in dem Sitzungsberichte.

5. Hr. von Bezold übergab die vom Staatssecretair des Reichs-Postamts der K. Akademie übersendete Übersicht der wichtigsten Ergebnisse der im Bereiche des Reichs-Telegraphengebietes auf den Telegraphen-Leitungen gemachten Erdstrom-Beobachtungen.

Der Abdruck erfolgt in dem Sitzungsberichte.

6. Hr. Waldeyer legte eine Anzahl Corrosions-Praeparate der Lungen und Nieren des Menschen und verschiedener

Thiere vor, welche auf seine Veranlassung von Hrn. Dr. Toussaint und Hrn. Praeparator Wickersheimer gefertigt worden sind. Als Injectionsmasse diente eine Modification des Rose'schen Metalles mit einem Schmelzpunkte von 48° C. Dr. Toussaint wird später die Ergebnisse dieser Arbeiten, welche noch nach verschiedenen Richtungen hin fortgesetzt werden sollen, veröffentlichen.

7. Hr. Dillmann übergab im Auftrage von Hrn. Prof. Sachau das Werk von Johann Gerard Fr. Riedel: de sluik- en kroesharige rassen tusschen Selebes en Papua.

8. Hr. Zeller legte das Supplementum Aristotelicum T. I, p. 2 vor, welches die Schriften des Priscianus Lydus, herausgegeben von Hrn. Bywater, enthält.

9. Hr. Weierstrass übergab den vierten Band der Jacobi'schen Werke.

Durch Ministerialverfügung vom 17. Juli werden auf Antrag der K. Akademie 4500 Mark an Hrn. Dr. Valentin angewiesen für Herstellung einer Bibliotheca mathematica; durch Verfügung vom 23. Juli 2500 Mark zur Untersuchung der Wasserversorgung von Pergamon, und 1000 Mark an Hrn. Dr. Volckens zur Herausgabe seines Werkes über aegyptische Wüstenpflanzen.

Hr. Dr. Moritz Traube zu Breslau ist zum correspondirenden Mitgliede der K. Akademie der Wissenschaften in ihrer physikalisch-mathematischen Classe gewählt worden.

Über eine noch nicht untersuchte Strahlungsform an der Kathode inducirter Entladungen.

Von Dr. E. Goldstein
in Berlin.

(Vorgelegt von Hrn. von Helmholtz.)

Das Kathodenlicht der Entladung des Inductoriums durch verdünnte Gase besteht aus mehreren verschieden gefärbten Schichten. In verdünnter Luft ist die der Kathode unmittelbar anliegende Schicht chamoisgelb gefärbt, die zweite erscheint blau und lichtschwach, die dritte violettblau und hellleuchtend. Die erste Schicht ist ungeachtet ihrer Helligkeit von der weitaus grössten Zahl von Autoren ganz ignorirt worden; die wenigen, die ihrer gedenken, gehen meist über die Constatirung ihrer Existenz nicht hinaus. Untersuchungen über ihre Eigenschaften liegen, von einem thermometrischen Experiment Hittorf's (Wied. Ann. XXI, 128) abgesehen, noch nicht vor. Die erste Schicht des Kathodenlichtes erscheint bei Elektroden und Gefässen der üblichen Formen nur in geringer Dicke, die bei schwachen Drähten blos einige Millimeter erreicht; bei grossflächigen Kathoden ist sie viel weiter zu verfolgen, worauf hier aber nicht näher eingegangen werden soll; es wird genügen, zu erwähnen, dass an plattenförmigen Kathoden von etwa 2 bis $2^1/_2$ cm Durchmesser, wie sie im Folgenden vorausgesetzt werden, die erste Schicht bei steigender Evacuation bis auf etwa 2 cm von der Kathode zu verfolgen ist. Füllt die Kathode den Röhrenquerschnitt ganz oder nahezu aus, so hört die erste Schicht bei zunehmender Gasverdünnung auf, die ganze Fläche in gleichmässiger Helligkeit zu bedecken; sie wird an den Rändern erst lichtschwach, erlischt dann dort ganz und zieht sich immer mehr nach der Mitte der Fläche zurück.

In den Monatsberichten der Akademie für 1880 habe ich (S. 88) Entladungsgefässe beschrieben, in welchen (zum Studium des secundären negativen Lichtes) zwischen den beiden Elektrodendrähten noch ein mit engen Poren versehenes Rohr eingeschaltet ist. In einem

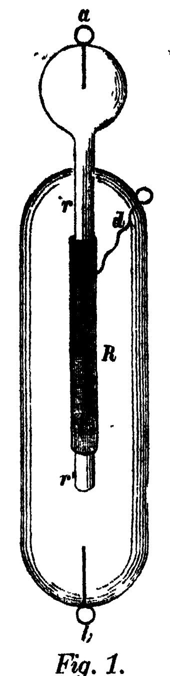


Fig. 1.

dieser Gefässe (Fig. 1) war das eingeschaltete Rohr R ein aus engmaschigem Drahtnetz gerollter Cylinder. Das Rohr ist am einen Ende auf ein beiderseits offenes Glasrohr r geschoben, am anderen Ende durch ein zugeschmolzenes Stückchen Glasrohr r' verschlossen. Die Enden der beiden Röhrchen r und r' sind einige Centimeter von einander entfernt, lassen also die Poren eines entsprechend langen Stückes des Netzrohres frei und durchgängig.

Verbindet man in einem derartigen Apparate den Draht a mit dem positiven, die Netzröhre R selbst aber (mittels des Zuleitungsdrahtes d) mit dem negativen Pol des Inductoriums, so kann man nach den bisherigen Erfahrungen in Zweifel sein, ob auch an der Aussenseite der Netzkathode eine Lichterscheinung auftreten werde oder nicht. Eine Lichterscheinung in dem Aussenraum würde dem Hittorf'schen Satze entsprechen, dass das (in Luft) blaue Kathodenlicht sich ohne Rücksicht auf die Lage der Anode gleichmässig nach allen Richtungen ausbreitet. Andererseits aber ergiebt die Erfahrung, dass bei geringen Dichten solche Kathodentheile lichtlos bleiben, von denen aus der Weg zur Anode durch lange Strecken der zweiten Schicht des Kathodenlichts in verhältnissmässig engen Räumen geht. Im vorliegenden Falle könnte dies für die Aussenseite des Netzrohres gelten, von deren Elementen der Weg zur Anode durch die an der Innenfläche entwickelte zweite Schicht geht.

Jedenfalls aber kann man nach dem bisher Bekannten nur vor der Alternative stehen, ob der Raum um das Netzrohr von blauem Lichte erfüllt sein oder gänzlich lichtlos bleiben werde.

Ich war daher als ich bei starker Gasverdünnung die gedachte Anordnung (a Anode, R Kathode) herstellte, sehr überrascht, die Netzkathode mit hellem goldgelbem Licht umgeben zu sehen, welches entlang der durchgängigen Strecke des Netzrohres den ganzen Raum von der Kathode bis zur Wand des 5^{cm} weiten Gefässes vollständig erfüllte. Blaues Kathodenlicht war nur im Innern des Netzrohres sichtbar. Der Draht d war völlig lichtlos. Wegen der hohen Ähnlichkeit, welche die Farbe der gelben Lichtmasse mit der einer natriumgeschwängerten Bunsenflamme zeigt, kann man geneigt sein, die Erscheinung zunächst auf eine Verunreinigung zurückzuführen, indem man annimmt, dass von der Oberfläche der Kathode verdampfendes Chlornatrium die sonst blauen Kathodenstrahlen gelb gefärbt habe; aber das Spectrum des gelben Lichts zeigt keine Spur der Natriumlinien und ist offenbar ein Bandenspectrum des Stickstoffes. Auch

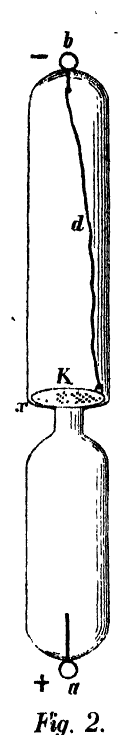


Fig. 2.

mit dem Nachleuchten Geissler'scher Röhren, das für Luft, Sauerstoff und Stickstoff mit gelber Farbe stattfindet, hat die Erscheinung nichts zu thun. Das blosse Auge kann keine Nachdauer des gelben Lichtes erkennen, und bei einer etwas geänderten Anordnung der Röhre, welche die Anwendung des Drehspiegels gestattet, liefert das gelbe Licht von einem dadurch erleuchteten schmalen Schlitz nur ein ebenso langes Band im Spiegel als das blaue Kathodenlicht.

Hingegen ergiebt die nähere Untersuchung eine Reihe von Ähnlichkeiten mit der vorerwähnten ersten Schicht des Kathodenlichts, dergestalt, dass eine Wesensgleichheit beider wahrscheinlich wird.

Da bald mehrfache Regelmässigkeiten in's Auge fielen, habe ich die Erscheinung des die Netzröhre umhüllenden gelben Lichts in einer ziemlich ausgedehnten Versuchsreihe verfolgt und erlaube mir in der vorliegenden Notiz einige Eigenschaften des Phaenomens kurz zu skizziren. Auf Ähnlichkeiten mit der ersten Schicht des Kathodenlichts werde ich an den betreffenden Stellen aufmerksam machen.

Um das Phaenomen womöglich unter einfacheren Verhältnissen als bei seinem ersten Entgegentreten zu verfolgen, wurde zunächst die allgemeine Bedingung für sein Auftreten gesucht. Es ergab sich, dass die Erscheinung des gelben Lichtes ohne erkennbare Beimischung von blauem Kathodenlicht sich jedesmal darstellen lässt, wenn die Kathode den Raum des Entladungsgefässes derart in zwei Theile trennt, dass der eine Theil die Anode enthält, und beide Theile nur durch enge Öffnungen communiciren, welche die Substanz der Kathode selbst durchsetzen. Für die weitere Untersuchung konnten daher meist durchbohrte, ebene Platten an Stelle der cylindrischen Netzkathode angewendet werden. Von den benutzten Anordnungen skizzire ich hier schematisch die zwei am häufigsten verwendeten. Fig. 2 zeigt eine Röhre, welche bei x tellerartig flachgedrückt ist und dort die aufgelegte, durchbohrte, planparallele Kathodenplatte K trägt. Die elektrische Communication der letzteren mit dem Inductorium wird durch den dünnen Draht d bewirkt, der einerseits an einer Öse der Platte, andererseits an dem eingeschmolzenen Ringe b befestigt ist. Die Anode wird durch den Draht a gebildet.

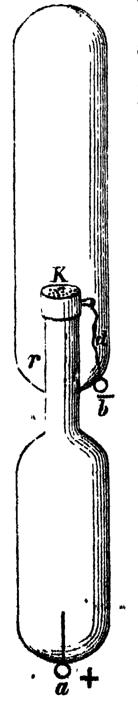


Fig. 3.

In der Röhre Fig. 3 ist die Kathodenplatte nicht lose aufgelegt, sondern sie bildet den Boden einer auf ein Glas-

rohr r fest aufgeschobenen Kapsel, während wieder ein Draht d die negative Elektricität zuführt und a die Anode bildet.

Diejenige Fläche der Kathode, welche in solchen Gefässen der Anode zugekehrt ist, mag weiterhin ihre Vorderfläche oder Vorderseite, die von der Anode abgewendete Seite ihre Rückseite heissen. Die Durchbohrungen können, wo nichts Anderes bemerkt, als cylindrische, zur Ebene der Platte senkrechte Bohrungen von etwa $^2/_3{}^{mm}$ Durchmesser gedacht werden.

Die Vorderseite solcher Kathoden zeigt das gewohnte Kathodenlicht, dessen Hauptmasse die blauen Strahlen bilden. Die gelbe erste Schicht ist wieder nur schmal. An der Rückseite dagegen entwickelt sich das gelbe Licht in hohen Feuersäulen. Blaues Licht zeigt sich bei hinreichender Gasverdünnung an dieser Seite der Kathode gar nicht, der Zuleitungsdraht d ist völlig lichtlos, so dass also in dem an der Rückseite der Kathode gelegenen Röhrentheil das von der Kathodenplatte ausgesandte gelbe Licht die einzige Lichterscheinung bildet.

Mittels derartiger Anordnungen liessen sich nun folgende Eigenschaften des gelben Lichtes feststellen.

Das gelbe Licht besteht aus regelmässigen Strahlen, welche geradlinige Ausbreitung haben. Von einer jeden Öffnung der Kathode steigt ein gerades, helles, schwach divergentes gelbes Strahlenbündel auf. Die einzelnen hellen Bündel sind umhüllt von einem weit ausgebreiteten, sehr lichtschwachen, im Allgemeinen mit den Bündeln gleich gefärbten Nebel. Für die vorliegende gedrängte Mittheilung lassen wir dieses Nebellicht weiterhin ausser Acht. In ihrer Richtung gegen die Kathode zeigen die gelben Strahlenbündel einen sehr auffallenden Unterschied von den blauen Kathodenstrahlen. Die von einer ebenen Kathode ausgehenden blauen Strahlen sind bei starker Gasverdünnung gegen die Axe der Kathodenplatte und gegen einander stets divergent, und ihre Divergenz nimmt zu, indem die Evacuirung fortschreitet. Die Bündel des gelben Lichts, die aus den Öffnungen einer ebenen Kathode hervorbrechen, dagegen sind convergent gegen die Axe der Kathodenplatte und ihre Convergenz nimmt bei fortschreitender Evacuirung zu. Sie schneiden einander (bei Platten von etwa 2^{cm} Durchmesser) in weniger als 1^{dcm} Entfernung von der Kathode, und ihre Schnittpunkte rücken bei starker Gasverdünnung bis auf weniger als 3^{cm} nach der Kathode hin. Die Bündel convergiren um so stärker nach der Axe, je weiter ihre Ursprungsöffnungen von letzterer entfernt sind. Dabei ist vorausgesetzt, dass die Axe der Kathodenplatte zusammenfällt mit der Axe des Rohres, auf dem sie ruht. Die nahe der Axe entspringenden Bündel verlaufen nahezu senkrecht zur Platte.

Mindestens für kreiscylindrische Bohrungen und soweit sich ohne besondere Messungen beurtheilen lässt, gilt hinsichtlich der Richtung der gelben Strahlen Folgendes: Die Axen der gelben Bündel sind stets so gerichtet, als wenn jede die nach rückwärts gezogene Verlängerung desjenigen blauen Strahles wäre, der an der Vorderseite der undurchbrochen gedachten Kathode da entspringen würde, wo sich der Mittelpunkt der Öffnung befindet.

Das oben über die Richtung der gelben Bündel Gesagte ist hierin eingeschlossen. Da ferner die Richtung der an einer Kathodenfläche entspringenden blauen Strahlen ausserordentlich abhängt von der Krümmung dieser Fläche, so folgt, dass die aus den Öffnungen der Rückseite aufsteigenden gelben Strahlen in ihrer Richtung abhängig sein müssen von der Gestalt der Vorderfläche. Dies findet sich in der That bestätigt: bei constantem Verlauf der Rückseite variirt die Richtung der gelben Strahlen in einer nach der obigen Regel jedesmal vorauszusehenden Weise, wenn man der Vorderfläche verschiedene Krümmung giebt. Als die Kathode aus einer dicken Platte hergestellt wurde, welche an der Vorderseite sphaerisch concav ausgeschliffen war, waren die Strahlen an der Vorderfläche convergent; die gelben Bündel der Rückseite aber divergent.

Bohrt man die Kanäle nicht senkrecht zur Kathodenplatte, sondern schräg, so ändert die Richtung der gelben Strahlen sich nicht; dagegen wird ihre Lichtintensität mit wachsender Neigung der Kanalaxen immer geringer, und sie werden unsichtbar, wenn die Projection der vorderen Kanalöffnung auf die Rückseite keinen Theil der Öffnung an letzterer mehr trifft.

Mit wachsender Gasverdünnung verlängern die gelben Strahlen sich stetig und bilden hohe Lichtgarben, deren Ausdehnung schliesslich anscheinend nur durch die Wände des Gefässes eine Grenze findet. Röhren von 45^{cm} Länge wurden von ihnen vollständig erfüllt.

Bei hohen Verdünnungen gehen nicht mehr von allen Öffnungen der Rückseite Strahlenbündel aus, sondern die Srahlung beschränkt sich mehr und mehr auf die der Mitte der Platte nächsten Öffnungen. Beobachtet man nun gleichzeitig die Vorderseite der Kathode, so sieht man, dass hier (wie Eingangs erwähnt) die erste Schicht des Kathodenlichts nicht mehr die ganze Fläche bedeckt; nur diejenigen Kanäle aber senden an der Rückseite noch gelbe Strahlen aus, deren vordere Öffnungen noch von der ersten Schicht bedeckt sind. — Bei einer Röhre wie Fig. 2 sendet der auf dem Glasteller unmittelbar aufliegende Rand der Kathodenplatte natürlich auch nach vorn keinerlei Licht aus; das Licht der vorderen Entladung geht nur aus von derjenigen Kreisfläche, oder (bei den

eben erwähnten Verdünnungen) von einem Theile derjenigen Kreisfläche, die durch den Mantel des Glasrohrs begrenzt wird, auf welchem die Platte ruht. Hat die Platte auf dem unterstützenden Teller einigen Spielraum zu horizontaler Verschiebung, so kann man also verschiedene Theile der Platte zur vorderen Entladungsfläche machen; dann wechseln auch die Kanäle, von denen an der Rückseite die gelben Bündel ausgehen; aber stets sind es diejenigen Kanäle, deren Öffnungen vorn von der ersten Schicht bedeckt werden.

Die Farbe der Strahlen, die wir bis jetzt als »gelbe« bezeichnet haben, variirt mit der Natur des Gases, in welchem die Kathode sich befindet. Die Strahlen sind goldgelb auch in reinem Stickstoff, der aber bekanntlich die Lichterscheinungen in verdünnter Luft hauptsächlich bedingt; in Wasserstoff ist ihre Farbe rosa, gelblich-rosa in Sauerstoff, grünlich-grauweiss in Kohlensäure. Diese Farben sind sehr verschieden von denen, welche die Hauptmasse des Kathodenlichts, die dritte Schicht, bei diesen Gasen hat, nämlich beziehungsweise: violettblau (N), weisslich (H), grauweiss bis gelbweiss (O), himmelblau (CO_2). Dagegen sind die an der Rückseite der Kathode beobachteten Farben nur um leichte Nüancen verschieden von der Farbe, welche die erste Schicht des jeweilig untersuchten Gases der Beobachtung zeigt. Eine völlige Gleichheit der beobachteten Farbe ist auch bei völliger Identität der emittirten Farben nicht zu erwarten, da wir die erste Schicht ja stets durch das anders gefärbte Medium der zweiten Schicht betrachten.

Das Spectrum zeigte in allen untersuchten Fällen, dass die Strahlen von demselben Gase gebildet werden, welches auch das übrige Kathodenlicht erzeugt; aber zugleich hat das Spectrum der Strahlen stets gewisse charakteristische Differenzen, mindestens in der Helligkeitsvertheilung gegenüber dem Spectrum der übrigen Theile des Entladungslichtes. Am weitesten geht die Differenz bei Sauerstoff. Der letztere besitzt, wie Schuster feststellte, ein Bandenspectrum und zwei Linienspectra, von denen das eine aus vier Linien, das andere aus einer grossen Anzahl von Linien besteht.[1] Während nun die dritte Schicht des Kathodenlichts, also an der Vorderfläche dessen Hauptmasse, das Bandenspectrum darbietet, zeigen die Strahlen an der Rückseite der Kathode das reine Vier-Linienspectrum.

Das Vier-Linienspectrum wird aber auch von der ersten Schicht des Kathodenlichts geliefert. Auch in den übrigen erwähnten Gasen

[1] Die Berechtigung, die beiden Linienspectra von einander zu scheiden, beruht darauf, dass unter den Bedingungen, unter denen die Linien des einen heller werden, die des anderen bis zum Verschwinden erblassen und umgekehrt.

finden die spectralen Charaktere der an der Rückseite beobachteten Strahlen bei dem Lichte der ersten Schicht sich wieder.

Bis zur Ermittelung eines passenderen Namens mögen diese Strahlen, die wir nun nicht mehr nach ihrer, von Gas zu Gas wechselnden, Farbe benennen können, als »Kanalstrahlen« bezeichnet werden.

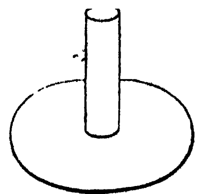
Die Natur des Kathodenmetalls zeigt keinen erkennbaren Einfluss auf Farbe und Spectrum der Kanalstrahlen. Ihr Anblick war der gleiche für Kathoden aus Platin, Aluminium, Kupfer, Stahl und Messing.

Die bisher bekannten Kathodenstrahlen erregen bei geringer Gasdichte bekanntlich sehr helle (grüne) Phosphorescenz der Glaswand. Den Kanalstrahlen geht diese Fähigkeit fast vollständig ab. Es bedarf schon der Aufmerksamkeit, um das äusserst schwache grüne Leuchten der Glaswand, welches die hellsten Kanalstrahlen hervorrufen, wahrzunehmen.

Die meisten Metalle unterliegen, wenn sie als Kathodenmaterial benutzt werden, einer Zerstiebung, in Folge deren die umgebenden Glaswände sich bekanntlich mit Metall- oder Oxydspiegeln bedecken. Auch dies gilt aber nur für diejenige Fläche der Kathode, von welcher die bisher bekannten Kathodenstrahlen ausgehen; an der Rückseite der Kathode erfolgt, wenn nur Kanalstrahlen von ihr ausgehen, keine Spur von Zerstiebung.

Haben die Kanäle der Kathode (die aus einer circa $^1/_2$ mm dicken Platte gebildet ist) einen Durchmesser von mehr als $^2/_3$ mm, so tritt bei mässiger Gasverdünnung auch an der Rückseite gewöhnliches Kathodenlicht auf. Je weiter die Verdünnung fortschreitet, desto lichtschwächer wird es indess, um zuletzt nur die Kanalstrahlen übrig zu lassen. Je enger die Kanäle sind, bei desto höherer Dichte treten die Kanalstrahlen bereits rein auf. Überschreitet der Durchmesser der Kanäle aber eine gewisse Grösse, so entwickeln sich auf der Rückseite der Kathode an den Öffnungen ellipsoidische grell leuchtende Lichtbüschel, bei deren Auftreten die Kanalstrahlen theils objectiv in ihrer Entwickelung beeinträchtigt zu werden scheinen, theils für die Beobachtung überglänzt werden. Von diesen ellipsoidischen Büscheln soll hier nicht näher gesprochen werden. Ihr Auftreten liess es indess anfangs unmöglich erscheinen, die Kanalstrahlen in dicken Bündeln, wie sie für gewisse Versuche wünschenswerth waren, herzustellen.

Es zeigte sich aber, dass die Kanäle desto grössere Durchmesser erhalten konnten, ohne die störenden Ellipsoidbüschel zu zeigen, je dicker die Kathodenplatte gewählt wurde. Anstatt dicke Platten zu nehmen, kann man auch auf die Öffnungen dünner Platten an der Rückseite cylindrische Röhrchen aufsetzen.


Fig. 4.

Eine Kathode wie Fig. 4, bestehend aus einer dünnen Platte mit $3^1/_2{}^{mm}$ weiter Durchbohrung, auf welche ein ebenso weites, 2^{cm} langes Metallröhrchen aufgelöthet ist, liefert ein Bündel Kanalstrahlen, das schon beim Austritt $3^1/_2{}^{mm}$ Dicke hat.

Solche einzelne dicke Bündel sind für die Untersuchung gewisser Eigenschaften vielfach geeigneter, als das Convolut zahlreicher dünner gegeneinander geneigter Strahlen, die aus den eng und dicht durchbohrten dünnen Platten entspringen. Ein fester Körper, ein Draht z. B. in die Bahn eines solchen dicken Bündels eingeschaltet, giebt einen ebenso deutlichen »Schatten«, wie in einem Bündel divergenter blauer Kathodenstrahlen, indem hinter ihm, an der von der Kathode abgewandten Seite, ein strahlenleerer, geradlinig begrenzter Raum bleibt.

Zwei Bündel Kanalstrahlen können einander durchkreuzen, ohne sich abzulenken oder zu einem einzigen Bündel zu vereinigen. Letzteres zeigt, dass die Kanalstrahlen nicht von abgeschleuderten ponderabeln Theilchen gebildet werden.

Die Strahlen des gewöhnlichen, in Luft blauen Kathodenlichts werden bekanntlich durch den Magneten abgelenkt und deformirt; es bedarf nur eines so kleinen permanenten Magneten, dass man ihn mit der Hand noch sehr bequem frei dirigiren kann, um sehr bedeutende Ablenkungen und Formänderungen der blauen Strahlen hervorzurufen.

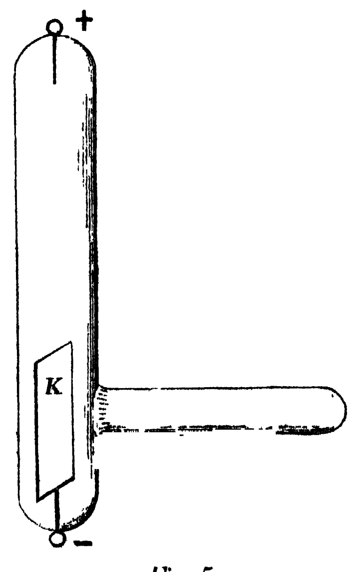


Fig. 5.

An den Kanalstrahlen konnte ich indess selbst mittels des grössten (von sechs Bunsen gespeisten) Elektromagneten des hiesigen Physikalischen Instituts nicht die geringste wahrnehmbare Richtungsänderung oder Deformation hervorbringen. Hier tritt wieder eine Beziehung zur ersten Schicht des Kathodenlichts auf. Ich setzte eine undurchbrochene Platte K als Kathode in ein Gefäss wie Fig. 5, das einen 6 bis 7^{cm} langen Seitentubulus trägt, dessen Axe mit der Axe der Kathodenplatte zusammenfällt. Die Strahlen des blauen Kathodenlichtes erfüllen dann bei hinreichender Evacuation die ganze Länge des Tubulus. Stellt man jetzt die Röhre so zwischen die Pole des Elektromagneten, dass die Ebene der Kathode axial liegt, so werden die gesammten blauen Strahlen in eine Schicht von wenigen Millimetern Dicke nach der Kathode hin zu-

sammengerollt, so dass der Tubulus von ihnen frei wird. Dann sieht man den letzteren aber erfüllt von den gelben Strahlen der ersten Schicht, deren Strahlen der Magnet nicht abzulenken vermag. Bei Anwendung von Wasserstoff zeigt der Tubulus während der Einwirkung des Magneten sich entsprechend von rosa Licht erfüllt.

Auch der Deflexion sind die Kanalstrahlen nicht unterworfen. Während die gewöhnlichen Kathodenstrahlen in der Nähe einer anderen Kathode eine starke Umknickung erleiden, gehen die Kanalstrahlen unabgelenkt an einer zweiten Kathode (oder an Theilen der eigenen Kathode) vorüber.

Ich möchte an diese vorläufigen Mittheilungen ausführliche Erörterungen über das Wesen der Kanalstrahlen noch nicht knüpfen, sondern mich auf einige kurze Bemerkungen beschränken.

Die Abhängigkeit der Kanalstrahlen von der Gestalt der Vorderfläche und von der Lage der ersten Schicht an der Vorderfläche, endlich der Einfluss, den die Schiefbohrung der Kanäle hat, machen es sehr wahrscheinlich, dass der Ursprung der Kanalstrahlen an der Vorderfläche zu suchen ist. Die Ähnlichkeit in Farbe, Spectrum und im magnetischen Verhalten führt zu der Annahme einer Wesensgleichheit mit der ersten Schicht des Kathodenlichts.

Sehr nahe läge nun der Gedanke, die Kanalstrahlen mit der ersten Schicht des Kathodenlichts in der Art zu identificiren, dass man die Kanalstrahlen für solche Theile der lediglich ersten Schicht hält, die bei undurchbrochener Kathode sich nach vorn ausbreiten müssen, bei vorhandenen Durchbohrungen aber (unter irgend welchen repulsiven Einflüssen) nach rückwärts ausweichen. Doch kann ich bis jetzt noch nicht sämmtliche beobachtete Erscheinungen mit dieser letzten Annahme in Einklang bringen.

Für das Kathodenlicht im Allgemeinen dürfen wir nach den beschriebenen Erscheinungen, namentlich mit Rücksicht auf den Versuch an der Röhre mit Seitentubulus, noch den Schluss formuliren, dass das gewöhnliche, sonst für ein einheitliches Strahlungssystem gehaltene Kathodenlicht aus (mindestens) zwei heterogenen Strahlungsformen besteht.

Berlin, 27. Juli 1886.

Zur Theorie der elliptischen Functionen.

Von L. Kronecker.

(Vorgetragen am 27. Mai und am 29. Juli [s. oben S. 525 und S. 689].)

(Fortsetzung der Mittheilung vom 30. Juli 1885, XXXVIII.)

XI.

In einem jener nicht genug zu schätzenden und doch wohl nicht genug gekannten Jacobi'schen Aufsätze über die elliptischen Functionen, welche eine Hauptzierde der ersten Bände des Journals für Mathematik bilden, findet sich eine Recursionsformel zur Bestimmung der bei der Transformation der elliptischen Functionen auftretenden Coefficienten, welche, wie es a. a. O. heisst, die allgemeine Lösung dieses Transformationsproblems in gewissem Sinne vollständig enthält, und zwar in einer von den früher durch Abel und Jacobi gegebenen Lösungen ganz verschiedenen Weise.[1] Ich habe von dieser Recursionsformel bei meinen Untersuchungen über die elliptischen Functionen mit singulären Moduln vielfach Gebrauch gemacht und bin hierdurch auf eine allgemeine Eigenschaft der erwähnten Coefficienten geführt worden, welche sich dann als bestes Fundament für die arithmetische Behandlung der singulären Moduln und der zugehörigen elliptischen Functionen selbst erwies.

§. 1.

Setzt man, wie es Jacobi a. a. O. thut:

$$x = \sqrt{\varkappa}\ \sin\mathrm{am}\,(u, \varkappa),$$

so ist, gemäss den Jacobi'schen Bezeichnungen, der Zusammenhang zwischen u und x sowohl durch die Gleichung:

[1] *Suite des notices sur les fonctions elliptiques.* Journal für Mathematik Bd. IV S. 185 und Jacobi's gesammelte Werke Bd. I S. 266. Hierin giebt Jacobi auch die vollständige Auflösung der Transformationsgleichungen durch einen Satz, von welchem er a. a. O. sagt: »*Ce théorème est un des plus importants, trouvés jusqu'ici dans la théorie des fonctions elliptiques. Il fournit aussi la solution algébrique et générale de l'équation du*

$$u = \int_0^x \frac{dx}{\sqrt{(\varkappa - x^2)(1 - \varkappa x^2)}},$$

als auch durch die Gleichungen:

$$x = \frac{\vartheta_1(\xi, w)}{\vartheta_0(\xi, w)}, \quad u = 2K\xi, \quad \sqrt{\frac{2K}{\pi}} = \vartheta_3(0, w), \quad \sqrt{\varkappa} = \frac{\vartheta_2(0, w)}{\vartheta_3(0, w)}$$

gegeben, wenn die Functionszeichen $\vartheta_0, \vartheta_1, \vartheta_2, \vartheta_3$ die übliche, auch in den vorhergehenden Artikeln entwickelte Bedeutung haben:

$$\vartheta_0(\zeta, w) = \Sigma(-q)^{n^2} \cos 2n\zeta\pi, \quad \vartheta_1(\zeta, w) = q^{\frac{1}{4}} \Sigma(-1)^n q^{n^2+n} \sin(2n+1)\zeta\pi,$$

$$\vartheta_2(\zeta, w) = q^{\frac{1}{4}} \Sigma q^{n^2+n} \cos(2n+1)\zeta\pi, \quad \vartheta_3(\zeta, w) = \Sigma q^{n^2} \cos 2n\zeta\pi,$$

und wenn dabei $q = e^{w\pi i}$ genommen und die Summation auf alle ganzzahligen Werthe von $n = -\infty$ bis $n = +\infty$ erstreckt wird. Führt man nun noch, wie in dem citirten Jacobi'schen Aufsatze, die Grösse $\varkappa + \frac{1}{\varkappa}$ an Stelle des Moduls $\varkappa$ selbst ein und setzt:[1]

$$\varkappa + \frac{1}{\varkappa} = \rho = 4\mathfrak{M} - 2,$$

$$\sin' \mathrm{am}\, u = \cos \mathrm{am}\, u \, \Delta \, \mathrm{am}\, u,$$

so stellt sich die Beziehung zwischen den drei durch die Gleichungen:

$$x = \sqrt{\varkappa} \sin \mathrm{am}(u, \varkappa), \quad y = \sqrt{\varkappa} \sin \mathrm{am}(v, \varkappa), \quad z = \sqrt{\varkappa} \sin \mathrm{am}(u + v, \varkappa)$$

definirten Grössen x, y, z mittels des Additionstheorems in folgender Form dar:

$$(1) \qquad z = \frac{x\sqrt{1 - \rho y^2 + y^4} + y\sqrt{1 - \rho x^2 + x^4}}{1 - x^2 y^2}.$$

Hiernach wird:

$$(2) \qquad \sqrt{\varkappa} \sin \mathrm{am}\, 2u = \frac{2x\sqrt{1 - \rho x^2 + x^4}}{1 - x^4},$$

---

degré nn, de laquelle dépend la division de la fonction elliptique en n parties, comme on va le voir dans ce qui suit.« In dem Kiepert'schen Aufsatze »Auflösung der Transformationsgleichungen und Division der elliptischen Functionen«, welcher im 76. Bande des Journals für Mathematik (S. 34 u. ff.) abgedruckt ist, wird die Jacobi'sche Auflösung nicht erwähnt; doch ist diese in einem Aufsatze der HH. Frobenius und Stickelberger im 88. Bande des Journals für Mathematik ausdrücklich angeführt. Dass viele der Resultate, welche sich schon in jenen Jacobi'schen Aufsätzen finden, von Eisenstein bei seinen Arbeiten über elliptische Functionen unberücksichtigt geblieben sind, hat Jacobi selbst in einer äusserst kurzen aber sehr inhaltreichen Notiz »über einige, die elliptischen Functionen betreffenden Formeln« im 30. Bande des Journals für Mathematik angedeutet.

[1] Vergl. meine »Bemerkungen über die Multiplication der elliptischen Functionen«. Sitzungsberichte XXX. 1883.

$$(2') \qquad \sin'\mathrm{am}\, 2u = \frac{x^8 - 2px^6 + 6x^4 - 2px^2 + 1}{x^8 - 2x^4 + 1},$$

und, wenn man jetzt $v = nu$, also $y = \sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\, nu$ nimmt:

$$\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\,(n+2)u = \frac{2x(1-x^4)\sqrt{1-px^2+x^4}\cdot\sin'\mathrm{am}\, nu + (1-x^4)^2 y \sin'\mathrm{am}\, 2u}{(1-x^4)^2 - 4x^2y^2(1-px^2+x^4)}.$$

Für $n = 1$ wird demgemäss:

$$\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\, 3u = -\frac{3x - 4px^3 + 6x^5 - x^9}{3x^8 - 4px^6 + 6x^4 - 1},$$

und ebenso resultirt für jede ungrade Zahl n eine Gleichung:

$$(4) \quad \sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\, nu = (-1)^{\frac{1}{2}(n-1)} \frac{\phi_{n0}x + \phi_{n1}x^3 + \phi_{n2}x^5 + \ldots + \phi_{n\nu}x^{n^2-2} + x^{n^2}}{\phi_{n0}x^{n^2-1} + \phi_{n1}x^{n^2-3} + \ldots + \phi_{n\nu}x^2 + 1},$$

in welcher $\nu = \frac{1}{2}(n^2 - 3)$ ist, und in welcher die $\frac{1}{2}(n^2-1)$ Coefficienten $\phi_{n0}, \phi_{n1}, \phi_{n2} \ldots$ ganze ganzzahlige Functionen von p, also »ganze Grössen« des natürlichen Rationalitätsbereichs (p) und folglich auch ganze Grössen des Rationalitätsbereichs $(\mathfrak{M})$ sind.

Setzt man dies nämlich für eine bestimmte ungrade Zahl n als bewiesen voraus, so lässt es sich mit Hülfe der Gleichung (3) für die Zahl $n + 2$ erschliessen.

Denn, wenn wieder $y = \sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\, nu$ genommen wird, so ergiebt sich zuvörderst mittels der Relation:

$$\sin'\mathrm{am}\, nu = \frac{1}{n}\sin'\mathrm{am}\, u\,\frac{dy}{dx},$$

dass der im Zähler auf der rechten Seite der Gleichung (3) vorkommende Ausdruck:

$$\sqrt{1 - px^2 + x^4}\cdot\sin'\mathrm{am}\, nu$$

in der Form:

$$\frac{1}{n}(1 - px^2 + x^4)\frac{d\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\, nu}{dx},$$

also als rationale Function von x und p mit ganzzahligen Coefficienten dargestellt werden kann. Setzt man demgemäss:

$$\sqrt{1 - px^2 + x^4}\cdot\sin'\mathrm{am}\, nu = \frac{P}{Q},$$

wo P, Q zwei ganze Grössen des Bereiches (p, x) ohne gemeinsamen Theiler bedeuten, so ist $\frac{P^2}{Q^2}$ gleich dem Product:

$$(1 - px^2 + x^4)(1 - py^2 + y^4)$$

also, gemäss der durch die Gleichung (4) vorausgesetzten Darstellung von y oder $\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\, nu$, gleich einem Bruche $\frac{\Phi}{\Psi}$, in welchem Φ und

Ψ ganze ganzzahlige Functionen von x und ρ, dabei aber so beschaffen sind, dass in Φ der Coefficient der höchsten Potenz von x, in Ψ aber das von x unabhängige Glied gleich Eins ist. Es muss nun offenbar auch in jedem der irreductibeln Factoren, als deren Product Φ dargestellt werden kann,[1] der Coefficient der höchsten Potenz von x den absoluten Werth Eins haben, und ebenso muss in jedem der irreductibeln Factoren von Ψ das von x unabhängige Glied gleich ± 1 sein. Es ist aber, da durch $\frac{P^2}{Q^2}$ der Werth von $\frac{\Phi}{\Psi}$ in reducirter Form dargestellt wird, P ein Divisor von Φ und ebenso Q ein Divisor von Ψ; das von x unabhängige Glied in Q ist daher gleich ± 1.

Ersetzt man nunmehr auf der rechten Seite der Gleichung (3) das Product:

$$\sqrt{1 - \rho x^2 + x^4} \cdot \sin' \operatorname{am} nu$$

durch $\frac{P}{Q}$, ferner $\sin' \operatorname{am} 2u$ durch seinen in der Gleichung (2′) enthaltenen Werth und y durch den Ausdruck auf der rechten Seite der Gleichung (4), so resultirt ein Bruch, dessen Nenner N durch die Gleichung:

$$N = (1 - x^4)^2 \left(g^2 (1 - x^4) - 4 f^2 x^2 (1 - \rho x^2 + x^4)\right) Q$$

gegeben wird, wenn f den Zähler und g den Nenner des Bruches auf der rechten Seite der Gleichung (4) bedeutet. Da nun f, g und Q ganze Grössen des Bereiches (ρ, x) sind und sowohl g als Q für $x = 0$ den Werth ± 1 haben, so ist auch N eine ganze Grösse des Bereiches (ρ, x), deren von x unabhängiges Glied den Werth ± 1 hat. Jeder Divisor von N muss offenbar eben dieselbe Eigenschaft haben, und es ist somit $\sqrt{x} \sin \operatorname{am} (n + 2) u$

als eine Grösse des Rationalitätsbereiches (ρ, x) erwiesen, welche in der reducirten Form einen Nenner hat, der für $x = 0$ den Werth ± 1 annimmt.

Da ferner dieser Nenner, wie ich in meiner Mittheilung vom Juni 1883 ebenfalls auf arithmetischem Wege nachgewiesen habe, in Beziehung auf die Variable x vom Grade $(n + 2)^2 - 1$ ist und nur Potenzen derselben mit graden Exponenten enthält, so kann er in der Form:

$$\phi_{n+2,0} x^{(n+2)^2-1} + \phi_{n+2,1} x^{(n+2)^2-3} + \ldots + \phi_{n+2,\nu} x^2 + 1 \qquad (2\nu = (n+2)^2 - 3)$$

dargestellt werden, in welcher die Coefficienten $\phi_{n+2,0}, \phi_{n+2,1}, \ldots$ ganze Grössen des Rationalitätsbereiches (ρ) sind.

[1] Vergl. meinen Aufsatz »Die Zerlegung der ganzen Grössen eines natürlichen Rationalitäts-Bereiches in ihre irreductibeln Factoren« im Journal für Mathematik Bd. 94. S. 344.

Bezeichnet man diese ganze Function von x zur Abkürzung mit $g(x)$ und setzt:

$$\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}(n+2)u = (-1)^{\frac{1}{2}(n+1)}\, x\,\frac{f(x)}{g(x)},$$

so wird:

$$\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}(n+2)(u+iK') = \frac{1}{\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}(n+2)u} = (-1)^{\frac{1}{2}(n+1)}\frac{g(x)}{xf(x)},$$

wo K' die Bedeutung wie in JACOBI's Fundamenta:

$$K' = \int_0^{\frac{1}{2}\pi}\frac{dv}{\sqrt{\cos^2 v + \varkappa^2\sin^2 v}}$$

hat. Andererseits ist:

$$\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}(n+2)(u+iK') = (-1)^{\frac{1}{2}(n+1)}\, y\,\frac{f(y)}{g(y)},$$

wenn:

$$y = \sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}(u+iK') = \frac{1}{\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}u} = \frac{1}{x}$$

genommen wird. Es muss daher die Relation:

$$\frac{g(x)}{xf(x)} = \frac{f\left(\frac{1}{x}\right)}{xg\left(\frac{1}{x}\right)}$$

bestehen, aus welcher unmittelbar hervorgeht, dass:

$$cg(x) = x^{(n+2)^2-1} f\left(\frac{1}{x}\right),\quad cf(x) = x^{(n+2)^2-1} g\left(\frac{1}{x}\right),$$

also:

$$cf(x) = \phi_{n+2,0} + \phi_{n+2,1}x^2 + \phi_{n+2,2}x^4 + \ldots + x^{(n+2)^2-1}$$

sein muss. Die hier vorkommende Constante c bestimmt sich aus der Gleichung:

$$c^2 f(x)\,g(x) = x^{2(n+2)^2-2} f\left(\frac{1}{x}\right) g\left(\frac{1}{x}\right)$$

durch den Werth $x = 1$, als positive oder negative Einheit; es wird daher:

$$c\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}(n+2)u = (-1)^{\frac{1}{2}(n+1)}\frac{\phi_{n+2,0}x + \phi_{n+2,1}x^3 + \phi_{n+2,2}x^5 + \ldots + x^{(n+2)^2}}{\phi_{n+2,0}x^{(n+2)^2-1} + \phi_{n+2,1}x^{(n+2)^2-3} + \ldots + 1},$$

wo $c = \pm 1$ ist. Dass aber $c = +1$ sein muss, folgt, wenn man:

$u = K$, $x^2 = -1$ und also $\sin\operatorname{am} u = 1$, $\sin\operatorname{am}(n+2)u = (-1)^{\frac{1}{2}(n+1)}$

nimmt, und es ist hiermit der Nachweis der Richtigkeit der Multiplicationsformel (4) zu Ende geführt.

§. 2.

Gemäss der Multiplicationsformel (4) wird die Gleichung:

$$x^{n^2} + \sum_r \phi_{nr} x^{2r+1} = (-1)^{\frac{1}{2}(n-1)} \left(1 + \sum_r \phi_{nr} x^{n^2-2r-1}\right) X \tag{5}$$

$$\left(r = 0, 1, 2, \ldots \tfrac{1}{2}(n^2-3)\right)$$

durch die n^2 Werthe:

$$x = \sqrt{\varkappa} \sin\operatorname{am}\left(u + \frac{4hK + 2h'K'i}{n}\right) \qquad (h, h' = 0, 1, \ldots n-1)$$

befriedigt, wenn u als Function von X durch die Gleichung:

$$\sqrt{\varkappa} \sin\operatorname{am} nu = X$$

bestimmt wird. Die n^2 Grössen:

$$\sqrt{\varkappa} \sin\operatorname{am}\left(u + \frac{4hK + 2h'K'i}{n}\right) \qquad (h, h' = 0, 1, \ldots n-1)$$

sind daher ganze algebraische, dem natürlichen Bereiche (ρ, X) entstammende Grössen, und zwar mit einander conjugirt, da jede Gleichung:

$$F(\sqrt{\varkappa} \sin\operatorname{am} u) = 0,$$

deren Coefficienten dem Rationalitätsbereiche $(\rho, \sqrt{\varkappa} \sin\operatorname{am} nu)$ angehören, offenbar bestehen bleiben muss, wenn darin u durch irgend einen der Werthe: $u + \dfrac{4hK + 2h'K'i}{n}$ ersetzt wird.

Nimmt man $X = 0$, so geht die Gleichung (5) in die Gleichung:

$$x^{n^2} + \sum_r \phi_{nr} x^{2r+1} = 0 \qquad \left(r = 0, 1, 2, \ldots \tfrac{1}{2}(n^2-3)\right) \tag{6}$$

über, deren Coefficienten ϕ_{nr} ganze Grössen des Rationalitätsbereichs (ρ) und deren Wurzeln:

$$\sin\operatorname{am} \frac{4hK + 2h'K'i}{n} \qquad (h, h' = 0, 1, \ldots n-1)$$

ganze algebraische dem Bereiche (ρ) entstammende Grössen sind.

Der Ausdruck auf der linken Seite der Gleichung (6) stellt eine ganze Grösse des Bereichs (ρ, x) dar, welche in so viel Factoren zerlegbar ist, als n Divisoren hat.

Um dies nachzuweisen, sei zuvörderst:

$$x^{n^2} + \sum_r \phi_{nr} x^{2r+1} = \Phi_n(x) \qquad \left(r=0,1,2,\dots \tfrac{1}{2}(n^2-3)\right),$$

ferner sei ε_m gleich Null, wenn m irgend einen Primfactor mehrfach enthält, sonst aber gleich $+1$ oder gleich -1, je nachdem die Anzahl der Primfactoren von m grade oder ungrade ist, und es sei $\varepsilon_1 = 1$. Endlich sei $F_m(x)$ definirt durch die Gleichung:

$$\log F_m(x) = \sum \varepsilon_{d'} \log \Phi_d(x), \tag{7}$$

in welcher sich die Summation auf alle mit d, d' bezeichneten positiven complementären Divisoren von m bezieht, d. h. also auf alle Zahlenpaare d, d', für welche $dd' = m$ ist. Alsdann ist:

$$F_m(x) = \prod\left(x - \sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am}\frac{4hK + 2h'K'i}{m}\right),$$

wo sich die Multiplication nur auf diejenigen Systeme von Zahlen $h, h' = 0, 1, \dots m-1$ erstreckt, welche keinen gemeinsamen Theiler haben, der zugleich Theiler von m ist. Es ist daher $F_m(x)$ eine ganze Function von x, in welcher der Coefficient der höchsten Potenz von x gleich Eins und jeder der übrigen eine ganze algebraische dem Bereich (ρ) entstammende Grösse ist. Andererseits zeigt aber die Gleichung:

$$F_m(x) = \Pi\left(\Phi_d(x)\right)^{\varepsilon_{d'}},$$

welche aus der Definitionsgleichung (7) hervorgeht, dass die Coefficienten von $F_m(x)$ rationale Grössen des Bereichs (ρ) sein müssen. Es muss also $F_m(x)$ eine ganze Grösse des Bereichs (ρ, x) sein.

Man kann die Grössen ε, wie ich es seit einer langen Reihe von Jahren in meinen Universitätsvorlesungen zu thun pflege, durch die Gleichung:

$$\sum_n n^{-z} \sum_n \varepsilon_n n^{-z} = 1 \qquad (n = 1, 2, 3, \dots \text{ in inf.}) \tag{8}$$

definiren, in welcher die Variable z aber nur Werthe annehmen darf, bei denen der reelle Theil grösser als Eins ist. Dann ist nämlich offenbar:

$$\sum_n \varepsilon_n n^{-z} = \prod_p (1 - p^{-z}) \qquad (n = 1, 2, 3, \dots \text{ in inf.}),$$

wenn die Multiplication rechts auf alle Primzahlen p erstreckt wird, und also in der That:

$$\varepsilon_1 = 1, \quad \varepsilon_m = (-1)^\nu,$$

wenn m lauter verschiedene Primzahlen enthält und ν deren Anzahl bedeutet, aber:

$$\varepsilon_m = 0\,,$$

wenn m irgend eine Primzahl mehrmals enthält. Die Gleichung (8) kann in der Form:

$$\sum_m \sum_n \varepsilon_m (mn)^{-s} = 1 \qquad (m, n = 1, 2, 3, \ldots \text{ in inf.})$$

dargestellt werden, und man ersieht hieraus, dass:

$$\sum \varepsilon_d = 0 \tag{9}$$

ist, wenn die Summation auf alle Divisoren d irgend einer von Eins verschiedenen ganzen Zahl erstreckt wird.

Bedeuten nun $f(n), g(n)$ irgend welche Functionen der Zahlen n, und wird die Function $h(n)$ durch die Gleichung:

$$h(n) = \sum_{d,d'} f(d)\,g(d') \qquad (dd' = n) \tag{10}$$

definirt, in welcher die Summation rechts auf alle Zahlenpaare d, d' zu erstrecken ist, für die $dd' = n$ wird, so besteht die Relation:

$$f(n) = \sum_{d,d'} \varepsilon_d\, g(d)\, h(d') \qquad (dd' = n)\,, \tag{11}$$

unter der einzigen Voraussetzung, dass für je zwei Zahlen m, n die Bedingung:

$$g(mn) = g(m)\,g(n) \tag{12}$$

erfüllt wird. Setzt man nämlich in der Gleichung (11) den Werth der Function $h(d')$ aus der Gleichung (10) ein, so kommt:

$$f(n) = \sum_{d,d_1,d_2} \varepsilon_d\, g(d)\, g(d_1) f(d_2) \qquad (dd_1 d_2 = n).$$

also vermöge der Bedingung (12):

$$f(n) = \sum_{d,d_1,d_2} \varepsilon_d\, g(dd_1) f(d_2) \qquad (dd_1 d_2 = n)$$

oder:

$$f(n) = \sum_{l,m} f(l)\, g(m) \sum_d \varepsilon_d \qquad (lm = n), \tag{13}$$

wo sich die letzte Summe auf alle Divisoren d von m bezieht. Diese Summation ergiebt aber vermöge der Gleichung (9) den Werth Null, sobald $m > 1$ ist, und den Werth Eins für $m = 1$. Der Ausdruck auf der rechten Seite der Gleichung (13) hat also in der That den Werth $f(n)$.

Die beiden, nur an die Bedingung: $g(mn) = g(m)\,g(n)$ geknüpften, correspondirenden Gleichungen:

$$f(n) = \sum_{d,d'} \varepsilon_d\, g(d)\, h(d')\,, \quad h(n) = \sum_{d,d'} f(d)\, g(d') \qquad (dd' = n)$$

enthalten selbst die Gleichung (9), da diese resultirt, wenn:

$$f(n) = 0 \text{ oder } f(n) = 1$$

gesetzt wird, je nachdem $n > 1$ oder $n = 1$ ist, und wenn demnach, wegen der zweiten der beiden Gleichungen, $g(n) = h(n)$ genommen wird. Dabei ist zu bemerken, dass wegen der Bedingung $g(mn) = g(m)g(n)$ offenbar $g(1) = 1$ sein muss.

Nimmt man jetzt:

$$f(n) = \log F_n(x)\,,\quad g(n) = 1\,,\quad h(n) = \log \Phi_n(x)\,,$$

so geht die Gleichung (11) in die Gleichung (7) über, und die Gleichung (10) in folgende:

$$(14)\qquad \log \Phi_n(x) = \sum_d \log F_d(x) \qquad (dd' = n)\,;$$

es ergiebt sich daher die Relation:

$$(15)\qquad \Phi_n(x) = \prod_d F_d(x)\,,$$

in welcher sich die Multiplication auf alle Divisoren d von n bezieht.

Die Gleichung (15) enthält die Zerlegung von $\Phi_n(x)$, welche nachgewiesen werden sollte. Bezeichnet man den Grad von $F_d(x)$ mit $f(d)$, so ist offenbar:

$$n^2 = \sum_d f(d) \qquad (dd' = n)\,,$$

und man hat also in der Gleichung (10) nur $g(n) = 1$, $h(n) = n^2$ zu nehmen, um unmittelbar mit Hülfe der Gleichung (11) zu erschliessen, dass:

$$f(n) = \sum_{d,d'} \varepsilon_{d'}\, d^2 \qquad (dd' = n)$$

oder also:

$$f(n) = n^2 \prod \left(1 - \frac{1}{p^2}\right)$$

sein muss, wenn die Multiplication rechts auf alle in n enthaltenen, verschiedenen Primfactoren p erstreckt wird.

§. 3.

Es soll nunmehr dargethan werden, dass $F_m(x)$ eine irreductible Grösse des Bereichs $(\rho\,,\,\varkappa)$ ist.

Bezeichnet man nämlich mit $f(x\,,\sqrt{\varkappa})$ einen Divisor von $F_m(x)$, welcher dem Bereiche $(x\,,\sqrt{\varkappa})$ angehört und für welchen:

$$f\left(\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\,\frac{4K}{m}\,,\ \sqrt{\varkappa}\right) = 0$$

ist, so lässt sich zeigen, dass eben dieselbe Gleichung auch bestehen muss, wenn an Stelle von $\sin\mathrm{am}\,\frac{4K}{m}$ irgend eine andere Wurzel der

Gleichung $F_m(x) = 0$, d. h. also irgend eine der elliptischen Functionen:

$$\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\frac{4hK + 2h'K'i}{m}$$

gesetzt wird, für welche h und h' nicht einen und denselben Theiler mit m gemein haben.

Um dies zu zeigen, gehe ich von der Transformationsgleichung:

$$(16)\qquad \vartheta(\zeta', w') = C(\sqrt{\gamma w + \delta})\, e^{\gamma\zeta\zeta'\pi i}\,\vartheta(\zeta, w)$$

aus, in welcher:

$$w' = \frac{\alpha w + \beta}{\gamma w + \delta},\ \zeta' = \frac{\zeta}{\gamma w + \delta} = (\alpha - \gamma w')\,\zeta,$$

und C eine (von ζ und w unabhängige) Constante ist, während $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ ganze Zahlen bedeuten, welche der Bedingung $\alpha\delta - \beta\gamma = 1$ genügen.[1] Leitet man hieraus eine zweite Gleichung ab, indem man $\zeta + \frac{1}{2}(\alpha w + \beta)$ an Stelle von ζ setzt, und dividirt man alsdann die eine Gleichung durch die andere, so erhält man unter Benutzung der für beliebige ganze Zahlen r, s gültigen Relation:[2]

$$(16^*)\qquad \vartheta(\zeta + rw + s, w) = e^{-(r^2w + 2r\zeta + r + s)\pi i}\,\vartheta(\zeta, w)$$

die Transformationsgleichung:

$$(17)\qquad \frac{\vartheta_1(\zeta', w')}{\vartheta_0(\zeta', w')} = i^{\alpha+\beta-1-\frac{1}{2}\alpha\delta}\cdot\frac{\vartheta_1(\zeta, w)}{\vartheta_0(\zeta, w)},$$

falls β grade und also α ungrade ist. Nimmt man hier $\zeta = \frac{1}{2}$, so wird:

$$\frac{\vartheta_1(\zeta', w')}{\vartheta_0(\zeta', w')} = \frac{\vartheta_1(\frac{1}{2}(\alpha - \gamma w'), w')}{\vartheta_0(\frac{1}{2}(\alpha - \gamma w'), w')},$$

also, wenn γ grade ist:

$$\frac{\vartheta_1(\zeta', w')}{\vartheta_0(\zeta', w')} = (-1)^{\frac{1}{2}(\alpha-1)}\,\frac{\vartheta_1(\frac{1}{2}, w')}{\vartheta_0(\frac{1}{2}, w')},$$

und es resultirt daher die Gleichung:

$$(18)\qquad i^{\frac{1}{2}\alpha\delta-\beta}\cdot\frac{\vartheta_1(\frac{1}{2}, w')}{\vartheta_0(\frac{1}{2}, w')} = \frac{\vartheta_1(\frac{1}{2}, w)}{\vartheta_0(\frac{1}{2}, w)},$$

in welcher der Ausdruck rechts gleich $\sqrt{\varkappa}$ ist.

---

[1] Vergl. die Formel VIII in meiner Mittheilung vom 29. Juli 1880. Monatsbericht S. 697. Vergl. auch die Transformationsformeln im art. II (Sitzungsberichte von 1883, Stück XX, S. 501 ff.).

[2] Diese Relation ist eine unmittelbare Folge derjenigen, welche im art. II (Sitzungsberichte von 1883, Stück XX, S. 501) angegeben sind. Aber es fehlt dort in der zweiten Reihe der Relationen das Minuszeichen. Man hat daher a. a. O. auf der linken Seite $-\vartheta(\zeta, w)$ an Stelle von $\vartheta(\zeta, w)$ zu setzen.

Wählt man nun die Zahlen $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ gemäss den Bedingungen:

$\alpha \equiv 1 \pmod{4}, \beta \equiv 0 \pmod{8}, \gamma \equiv 0 \pmod{2}, \alpha\delta - \beta\gamma = 1$,

so bestehen die Relationen:

$$(19)\qquad \frac{\vartheta_1((\alpha-\gamma w')\zeta, w')}{\vartheta_0((\alpha-\gamma w')\zeta, w')} = \frac{\vartheta_1(\zeta, w)}{\vartheta_0(\zeta, w)}, \frac{\vartheta_1(\frac{1}{2}, w')}{\vartheta_0(\frac{1}{2}, w')} = \frac{\vartheta_1(\frac{1}{2}, w)}{\vartheta_0(\frac{1}{2}, w)}.$$

Da ferner, wenn:

$$\sqrt{\varkappa} = \frac{\vartheta_1(\frac{1}{2}, w)}{\vartheta_0(\frac{1}{2}, w)} = \frac{\vartheta_2(0, w)}{\vartheta_3(0, w)}$$

gesetzt wird,

$$\sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am}\left(\frac{4K}{m}, \varkappa\right) = \frac{\vartheta_1\left(\frac{2}{m}, w\right)}{\vartheta_0\left(\frac{2}{m}, w\right)}$$

ist, so lässt sich die obige Gleichung:

$$f\left(\sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am}\frac{2K}{m}, \sqrt{\varkappa}\right) = 0$$

in folgender Weise darstellen:

$$f\left(\frac{\vartheta_1\left(\frac{2}{m}, w\right)}{\vartheta_0\left(\frac{2}{m}, w\right)}, \frac{\vartheta_1(\frac{1}{2}, w)}{\vartheta_0(\frac{1}{2}, w)}\right) = 0.$$

Vermöge der Relationen (19) besteht daher auch die Gleichung:

$$f\left(\frac{\vartheta_1((\alpha-\gamma w')\zeta, w')}{\vartheta_0((\alpha-\gamma w')\zeta, w')}, \frac{\vartheta_1(\frac{1}{2}, w')}{\vartheta_0(\frac{1}{2}, w')}\right) = 0,$$

welche, wenn man w an Stelle von w' und, wie oben:

$$\frac{\vartheta_1(\frac{1}{2}, w)}{\vartheta_0(\frac{1}{2}, w)} = \sqrt{\varkappa}, \quad w = \frac{K'i}{K}$$

setzt, in folgende übergeht:

$$f\left(\sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am}\frac{4\alpha K - 4\gamma K'i}{m}, \sqrt{\varkappa}\right) = 0.$$

Die Gleichung:

$$f\left(\sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am}\frac{4hK + 2h'K'i}{m}, \sqrt{\varkappa}\right) = 0,$$

deren Gültigkeit dargethan werden sollte, ist daher erfüllt, wenn die Zahlen α, γ den obigen Bedingungen gemäss und zugleich so bestimmt werden, dass:

$$\alpha \equiv h, \quad 2\gamma \equiv -h' \pmod{m}$$

wird. Eine solche Bestimmung ist nun in der That *möglich*, denn *man braucht nur erstens:*

$$\alpha = h + rm$$

zu setzen, und die Zahl r hierbei so zu wählen, dass $\alpha \equiv 1 \ (\text{mod.}\ 4)$ wird. Ist dann m_1 der grösste gemeinschaftliche Theiler von α und m, so lässt sich die Zahl s gemäss der Congruenzbedingung:

$$ms \equiv h' + 1 \left(\text{mod.}\ \frac{\alpha}{m_1}\right),$$

und dann t so bestimmen, dass

$$m\left(s + t\frac{\alpha}{m_1}\right) \equiv h' \ (\text{mod.}\ 4)$$

wird. Setzt man nunmehr:

$$2\gamma = -h' + m\left(s + t\frac{\alpha}{m_1}\right),$$

so ist $\alpha \equiv 1 \ (\text{mod.}\ 4)$, $\gamma \equiv 0 \ (\text{mod.}\ 2)$ und die beiden Zahlen α und γ sind zu einander prim, da erstens:

$$2\gamma \equiv 1 \left(\text{mod.}\ \frac{\alpha}{m_1}\right)$$

ist, und da zweitens γ keinen Theiler mit m_1 gemein haben kann, weil ein solcher Theiler gleichzeitig in h und h' enthalten sein müsste und dies der Voraussetzung widerspricht, dass h und h' nicht einen und denselben Theiler mit m gemein haben sollen. Da die Zahlen α, γ zu einander prim sind, lassen sich offenbar Zahlen b so bestimmen, dass:

$$8b\gamma \equiv \cdot 1 \ (\text{mod.}\ \alpha)$$

wird, und wenn man dann:

$$\beta = 8b, \quad \frac{1 + \beta\gamma}{\alpha} = \delta$$

setzt, so sind die obigen Bedingungen:

$$\alpha \equiv 1 \ (\text{mod.}\ 4), \quad \beta \equiv 0 \ (\text{mod.}\ 8), \quad \gamma \equiv 0 \ (\text{mod.}\ 2), \quad \alpha\delta - \beta\gamma = 1$$
$$\alpha \equiv h, \quad 2\gamma \equiv -h' \ (\text{mod.}\ m)$$

sämmtlich erfüllt.

§. 4.

Die im vorigen Paragraphen enthaltene Deduction vereinfacht sich in formaler Hinsicht, wenn man — wie ich es öfters in meinen Universitätsvorlesungen gethan habe — für den Quotienten $\dfrac{\vartheta_1(\zeta, w)}{\vartheta_0(\zeta, w)}$

eine besondere Bezeichnung einführt. Setzt man nämlich, da dieser Quotient eine elliptische Function darstellt:

(20) $$\mathrm{El}(\zeta, w) = \frac{\vartheta_1(2\zeta, 2w)}{\vartheta_0(2\zeta, 2w)},$$

so wird die Beziehung zu den Jacobi'schen Bezeichnungen durch folgende Gleichungen ausgedrückt:

(21) $$\frac{\mathrm{El}(\zeta, w)}{\mathrm{El}(\frac{1}{4}, w)} = \sin \mathrm{am}\,(4K\zeta, \varkappa)$$
$$\sqrt{\varkappa} = \mathrm{El}(\tfrac{1}{4}, w), \quad 2K = \pi\big(\vartheta_3(0, 2w)\big)^2, \quad 2w = \frac{K'i}{K}.$$

Für die Function $\mathrm{El}(\zeta, w)$ bestehen die Fundamentalgleichungen:

(22) $$\mathrm{El}(\zeta + \tfrac{1}{2}, w) = -\mathrm{El}(\zeta, w), \quad \mathrm{El}(\zeta + \tfrac{1}{2}w, w) = \big(\mathrm{El}(\zeta, w)\big)^{-1},$$

und es ist also für beliebige ganze Zahlen m, n:

(22*) $$\mathrm{El}(\zeta + m + nw) = \mathrm{El}(\zeta, w).$$

Es ist ferner:

$$\mathrm{El}(0, w) = 0$$

und:

$$\mathrm{El}\big(\tfrac{1}{4}(1 + w), \tfrac{1}{2}w\big) = \sqrt{\frac{\varkappa + 1}{2\sqrt{\varkappa}}},$$

wenn $\sqrt{\varkappa}$, wie oben, durch die Gleichung:

$$\sqrt{\varkappa} = \mathrm{El}(\tfrac{1}{4}, w)$$

definirt wird. Die Grössen ρ und $\mathfrak{M}$, welche im §. 1 an Stelle von $\varkappa$ eingeführt sind, bestimmen sich also in folgender Weise:

$$\tfrac{1}{4}(\rho + 2) = \mathfrak{M} = \big(\mathrm{El}(\tfrac{1}{4}(1 + w), \tfrac{1}{2}w)\big)^4,$$

und bei dieser Bestimmung von ρ gilt die Additionsformel (1) im §. 1:

$$z = \frac{x\sqrt{1 - \rho y^2 + y^4} + y\sqrt{1 - \rho x^2 + x^4}}{1 - x^2y^2},$$

wenn für beliebige Werthe von ξ und η:

$$x = \mathrm{El}(\xi, w), \quad y = \mathrm{El}(\eta, w), \quad z = \mathrm{El}(\xi + \eta, w)$$

gesetzt wird.

Die lineare Transformation der elliptischen Function $\mathrm{El}(\zeta, w)$ wird gemäss den im §. 3 enthaltenen Entwickelungen durch die Gleichung:

(23) $$\mathrm{El}\left(\frac{\zeta}{\gamma w + \delta}, \frac{\alpha w + \beta}{\gamma w + \delta}\right) = i^{\alpha + \beta + \beta - \alpha\beta - 1}\,\mathrm{El}(\zeta, w)$$

gegeben, wenn α, β, γ, δ ganze Zahlen bedeuten, von denen γ grade und für welche $\alpha\delta - \beta\gamma = 1$ ist, und dieselbe Gleichung kann auch in der Form:

$$(23^a) \qquad \mathrm{El}\big((\alpha - \gamma w')\zeta, w'\big) = i^{\alpha + 2\beta - \alpha\beta - 1}\, \mathrm{El}(\zeta, w)$$

dargestellt werden, wenn darin $w' = \dfrac{\alpha w + \beta}{\gamma w + \delta}$ genommen wird.

Mit Hülfe der hier eingeführten Bezeichnungen lassen sich die Wurzeln der Gleichung: $F_m(x) = 0$ durch die Grössen:

$$\mathrm{El}\left(\frac{h + h'w}{m}, w\right)$$

ausdrücken, wenn darin für h, h' alle diejenigen *modulo m* verschiedenen Zahlenpaare genommen werden, die nicht einen und denselben Factor mit m gemein haben. Wenn nun $f(x, \sqrt{x})$ für:

$$x = \mathrm{El}\left(\frac{1}{m}, w\right), \quad \sqrt{x} = \mathrm{El}\left(\tfrac{1}{4}, w\right)$$

bei beliebigen Werthen von w verschwindet, so muss es gemäss jener Transformationsgleichung (23^a) auch für:

$$x = \mathrm{El}\left(\frac{\alpha - \gamma w}{m}, w\right), \quad \sqrt{x} = \mathrm{El}\left(\tfrac{1}{4}, w\right)$$

verschwinden, falls:

$$i^{\alpha + 2\beta - \alpha\beta - 1} = 1 \quad \text{und} \quad \alpha - \gamma w \equiv 1 \pmod{4}$$

ist. Dies tritt ein, wenn die Bedingungen:

$$\alpha \equiv 1, \quad \beta \equiv 0, \quad \gamma \equiv 0, \quad \delta \equiv 1 \pmod{4}$$

erfüllt sind. Aber diese Bedingungen, sowie die fernere:

$$\alpha\delta - \beta\gamma = 1,$$

legen den Zahlenpaaren α, γ keine andere Beschränkung für ihre Werthe *modulo m* auf, als die, dass sie nicht einen und denselben Theiler mit m gemein haben dürfen. Es werden also durch die verschiedenen Grössen:

$$\mathrm{El}\left(\frac{\alpha - \gamma w}{m}, w\right)$$

alle verschiedenen Wurzeln der Gleichung $F_m(x) = 0$ repraesentirt, und diese müssen daher sämmtlich auch Wurzeln jeder Gleichung $f(x, \sqrt{x}) = 0$ sein, welche die eine Wurzel $\mathrm{El}\left(\frac{1}{m}, w\right)$ enthält.

§. 5.

Die Gleichung $F_n(x) = 0$ enthält genau nur diejenigen Wurzeln:

$$\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\,\frac{4hK+2h'K'i}{n} \text{ oder } \mathrm{El}\left(\frac{h+h'w}{n}, w\right),$$

für welche h und h' keinen Divisor von n als gemeinsamen Factor haben, und welche daher als »primitive Wurzeln der Theilungsgleichung $\Phi_n(x) = 0$« bezeichnet werden können. Diese primitiven Wurzeln sind sämmtlich ganze algebraische Grössen des Bereichs (ρ) oder des Bereichs $\left(4\left(\mathrm{El}\left(\frac{1}{4}(1+w), \frac{1}{2}w\right)\right)^4\right)$ und zwar mit einander conjugirte Grössen, da $F_n(x)$, wie in den beiden vorhergehenden Paragraphen gezeigt worden, in dem angegebenen Bereiche irreductibel ist.

Da die Gleichung (5) des §. 2 die n^2 Wurzeln:

$$\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\left(u+\frac{4hK+2h'K'i}{n}\right) \qquad (h, h' = 0, 1, \ldots n-1)$$

hat, so ist deren Product gleich dem Coefficienten des von x unabhängigen Gliedes auf der rechten Seite dieser Gleichung. Hiernach wird:

$$(24)\qquad \sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\,nu = (-1)^{\frac{1}{2}(n-1)} \prod_{h,h'} \sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\left(u+\frac{4hK+2h'K'i}{n}\right).$$
$$(h, h' = 0, 1, \ldots n-1)$$

Setzt man hierin m statt n und alsdann $u = \frac{4lK}{n}$, wo l eine ganze Zahl bedeutet, so erhält man die für beliebige ungrade Werthe von m und n geltende Gleichung:

$$(25)\qquad \frac{\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\,\frac{4lmK}{n}}{\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\,\frac{4lK}{n}} = (-1)^{\frac{1}{2}(m-1)} \prod_{h,h'} \sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\left(\frac{4lK}{n}+\frac{4hK+2h'K'i}{m}\right),$$

in welcher sich die Multiplication auf alle m^2 Werthsysteme:

$$h, h' = 0, 1, \ldots m-1$$

mit Ausnahme des Systems $h = h' = 0$ erstreckt.

Alle Factoren des Products auf der rechten Seite dieser Gleichung (25) sind ganze algebraische dem Bereiche (ρ) entstammende Grössen; der Quotient auf der linken Seite ist also auch eine solche ganze algebraische Grösse. Ist nun m prim zu n, und bestimmt man eine ungrade Zahl m' gemäss der Congruenz: $mm' \equiv 1 \pmod{n}$ und setzt: $lm \equiv l'$, so wird: $l \equiv l'm' \pmod{n}$, und man ersieht also, dass auch der Quotient:

$$\frac{\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4l'm'K}{n}}{\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4l'K}{n}} \quad \text{oder} \quad \frac{\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4lK}{n}}{\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4lmK}{n}}$$

eine ganze algebraische dem Bereiche (ρ) entstammende Grösse sein muss. Vermöge der Voraussetzung, dass m prim zu n sei, sind die beiden Grössen $\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4lK}{n}$ und $\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4lmK}{n}$ mit einander conjugirt, und andererseits lässt sich für je zwei conjugirte Grössen $\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4hK}{n}$ und $\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4h_1K}{n}$ eine Zahl m so bestimmen, dass $h_1 \equiv hm \pmod{n}$ wird. Es zeigt sich daher,

> dass der Quotient je zweier conjugirter Grössen $\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4hK}{n}$, $\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4h_1K}{n}$ eine ganze algebraische dem Bereiche (ρ) entstammende **Einheit** ist; oder, was damit vollständig übereinkommt, dass jede der mit einander conjugirten Grössen $\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4hK}{n}$ sich nur durch eine ganze algebraische Einheit von einer derselben unterscheidet.

Ganz ebenso folgt natürlich, dass, wenn man in dem Ausdruck:

$$\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4hlK+2h'lK'i}{n}$$

für l der Reihe nach alle Zahlen nimmt, die zu n relativ prim und kleiner als n sind, die hierdurch entstehenden verschiedenen Grössen[1] sich sämmtlich nur durch Factoren von einander unterscheiden, welche ganze algebraische dem Bereiche (ρ) entsammende Einheiten sind.

Setzt man in der Formel (24):

$$u = \frac{4gK+2g'K'i}{m},$$

so resultirt die Gleichung:

$$(26)\qquad \frac{\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4gnK+2g'nK'i}{m}}{\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4gK+2g'K'i}{m}} = (-1)^{\frac{1}{2}(n-1)} \prod_{h,h'} \sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\left(\frac{4gK+2g'K'i}{m}+\frac{4hK+2h'K'i}{n}\right.$$

---

[1] Wenn h und h' keinen gemeinsamen Theiler mit n haben, so ist die Anzahl der verschiedenen Grössen offenbar $\phi(n)$, diese Zahl in derselben Bedeutung genommen, wie im art. 38 von Gauss Disqq. Arithm. Je zwei der $\phi(n)$ Grössen unterscheiden sich aber nur durch das Vorzeichen von einander.

wo die Multiplication rechts auf alle n^2 Werthsysteme $h, h' = 0, 1, \ldots n-1$ mit Ausnahme von $h = h' = 0$ zu erstrecken ist. Wenn nun n prim zu m ist, so stellen die beiden Ausdrücke im Zähler und Nenner auf der linken Seite conjugirte algebraische Grössen dar, die sich also, wie soeben gezeigt worden ist, nur durch Einheiten von einander unterscheiden. Es folgt daher, dass das Product auf der rechten Seite und also auch jeder der Factoren für sich eine ganze algebraische Einheit sein muss. Jeder dieser Factoren lässt sich in der Form:

$$\sqrt{\varkappa} \sin \operatorname{am} \frac{4lK + 2l'K'i}{r}$$

und zwar so darstellen, dass der Bruch unter dem Zeichen sin am in der reducirten Form ist, d. h. dass l und l' keinen Divisor von r als gemeinsamen Theiler haben. Setzt man nun voraus, dass auch der Bruch $\frac{4gK + 2g'K'i}{m}$ in der reducirten Form ist, d. h. dass g und g' keinen Divisor von m mit einander gemein haben, so muss offenbar für jeden Factor auf der rechten Seite der Gleichung (26) der Nenner r sowohl den Divisor m als auch irgend einen Divisor von n als Factor enthalten. Es muss also r mindestens zwei verschiedene Primfactoren enthalten. Geht man andererseits von irgend einem reducirten Bruche:

$$\frac{4lK + 2l'K'i}{r}$$

aus, bei welchem der Nenner r mindestens zwei verschiedene Primfactoren enthält, so kann dieser stets in der Form:

$$\frac{4gK + 2g'K'i}{m} + \frac{4hK + 2h'K'i}{n}$$

dargestellt werden, bei welcher m und n zu einander relativ prim sind. Das hiermit erlangte Resultat lässt sich folgendermaassen formuliren:

> Jede Grösse $\sqrt{\varkappa} \sin \operatorname{am} \frac{4hK + 2h'K'i}{n}$, für welche der Nenner des Bruches unter dem Zeichen sin am (in der reducirten Form) mehr als eine einzige Primzahl enthält, ist eine ganze algebraische dem Bereiche (ρ) entstammende Einheit.

Da ferner der absolute Werth des von x unabhängigen Gliedes in $F_n(x)$ gleich dem absoluten Werthe des Products:

$$\Pi \sqrt{\varkappa} \sin \operatorname{am} \frac{4hK + 2h'K'i}{n}$$

ist, wenn darin die Multiplication auf alle diejenigen Werthsysteme $h, h' = 0, 1, \ldots n-1$ erstreckt wird, bei denen h und h' nicht einen

Divisor von n als gemeinsamen Theiler haben, für welche also der Bruch unter dem Zeichen sin am in der reducirten Form ist, so folgt, dass $F_n(0) = \pm 1$ sein muss, wenn die Zahl n mehr als eine einzige Primzahl enthält.

Es soll nun andererseits gezeigt werden, dass wenn n die Potenz einer einzigen Primzahl p ist, $F_n(0) = \pm p$ und also $\sqrt{x}$ sin am $\frac{4hK + 2h'K'i}{n}$ nicht algebraische Einheit ist.

Differentiirt man nämlich die Multiplicationsformel (4) des §. 1 nach x und setzt dann $x = 0$, so ergiebt sich $(-1)^{\frac{1}{2}(n-1)} n$ als Werth des Coefficienten ϕ_{n0}. Es ist daher:

$$\prod_{h,h'} \sqrt{x} \sin\mathrm{am} \frac{4hK + 2h'K'i}{n} = (-1)^{\frac{1}{2}(n-1)} n; \tag{27}$$
$$(h, h' = 0, 1, \ldots n-1, \text{ ausser } h = h' = 0)$$

und da im §. 2:

$$x^{n^2} + \sum_r \phi_{nr} x^{2r+1} = \Phi_n(x) \qquad (r = 0, 1, 2, \ldots \tfrac{1}{2}(n^2 - 3))$$

gesetzt worden und ferner gemäss der Gleichung (15) am Schlusse desselben Paragraphen:

$$\Phi_n(x) = \prod_d F_d(x)$$

ist, wenn die Multiplication auf alle Divisoren d von n erstreckt wird, so ergiebt sich, dass $(-1)^{\frac{1}{2}(n-1)} n$, als Werth von ϕ_{n0}, zugleich der Werth des nach x genommenen Differentialquotienten von $\prod F_d(x)$ für $x = 0$ ist. Der Factor $F_1(x)$ dieses Products ist x selbst; der Differentialquotient von $\prod F_d(x)$ reducirt sich also für $x = 0$ auf das Product derjenigen Factoren, bei denen $d > 1$ ist, und es ergiebt sich daher die Gleichung:

$$\prod_d F_d(0) = \pm n, \tag{28}$$

wenn die Multiplication auf alle von Eins verschiedenen Divisoren der Zahl n erstreckt wird.

Ist n gleich einer Primzahl p, so ist daher $F_p(0) = \pm p$. Ist ferner $n = p^2$, so kommt:

$$F_p(0) F_{p^2}(0) = \pm p^2,$$

und es muss also, da $F_p(0) = \pm p$ ist, auch $F_{p^2}(0) = \pm p$ sein. Ebenso folgt, dass allgemein:

$$F_n(0) = \pm p \tag{29}$$

und also:

$$\prod_{h,h'} \sqrt{x} \sin\mathrm{am} \frac{4hK + 2h'K'i}{n} = \pm p \tag{30}$$

sein muss, wenn n eine Potenz der Primzahl p ist und die Multiplication nur auf alle diejenigen Werthsysteme:

$$h, h' = 0, 1, \ldots n-1$$

erstreckt wird, bei denen nicht beide Zahlen h und h' durch p theilbar sind.

Ist $n = p_1^{a_1} p_2^{a_2} p_3^{a_3} \ldots$, wo $p_1, p_2, p_3, \ldots$ unter einander verschiedene Primzahlen bedeuten, so ist gemäss der Gleichung (28):

$$\prod_d F_d(0) = \pm p_1^{a_1} p_2^{a_2} p_3^{a_3} \ldots .$$

Nun haben aber, wie die Gleichung (29) zeigt, alle diejenigen a_1 Factoren links den Werth $\pm p_1$, bei denen d die Werthe $p_1, p_1^2, \ldots p_1^{a_1}$ hat; ebenso haben alle diejenigen a_2 Factoren den Werth $\pm p_2$, bei denen d die Werthe $p_2, p_2^2, \ldots p_2^{a_2}$ hat u. s. f. Es wird also schon:

$$\prod F_d(0) = \pm p_1^{a_1} p_2^{a_2} p_3^{a_3} \ldots,$$

wenn die Multiplication links nur auf alle diejenigen Divisoren von n erstreckt wird, welche Primzahlpotenzen sind. Für jeden anderen Divisor d muss daher $F_d(0) = \pm 1$ sein, und es ergiebt sich also hier nochmals das schon oben abgeleitete Resultat, dass $F_n(0) = \pm 1$ ist, wenn n mehr als eine einzige Primzahl enthält.

§. 6.

Da $\sin\operatorname{am}(v + 2K) = -\sin\operatorname{am} v$ und also:

$$\sin\operatorname{am}(K + v) = \sin\operatorname{am}(K - v) = \sin\operatorname{coam} v$$

ist, so geht die Gleichung (5) des §. 2, wenn darin $u = K$ und demgemäss $X = \sqrt{x}\,\sin\operatorname{am} nu = (-1)^{\frac{1}{2}(n-1)}\sqrt{x}$ gesetzt wird, in folgende über:

$$x^{n^2} + \sum \phi_{nr} x^{2r+1} - (1 + \sum \phi_{nr} x^{n^2-2r-1})\sqrt{x} = 0 \tag{31}$$

$$\left(r = 0, 1, 2, \ldots \tfrac{1}{2}(n^2 - 3)\right)$$

mit den n^2 Wurzeln:

$$\sqrt{x}\,\sin\operatorname{coam}\frac{4hK + 2h'K'i}{n} \qquad (h, h' = 0, 1, 2, \ldots n-1).$$

Eine dieser Wurzeln, nämlich diejenige, für welche $h = h' = 0$ ist, hat den Werth $\sqrt{x}$, und je zwei von den übrigen:

$$\sqrt{x}\,\sin\operatorname{coam}\frac{4hK + 2h'K'i}{n}, \quad \sqrt{x}\,\sin\operatorname{coam}\frac{-4hK - 2h'K'i}{n}$$

sind einander gleich. Es muss also eine Gleichung bestehen:

$$(32)\qquad x^{n^2}+\sum_r \phi_{nr} x^{2r+1}-(1+\sum_r \phi_{nr} x^{n^2-2r-1})\sqrt{x}=(x-\sqrt{x})\Psi^2(x,\sqrt{x}),$$
$$(r=0,1,2,\ldots\tfrac{1}{2}(n^2-3))$$

in welcher $\Psi(x,\sqrt{x})$ ein ganze Function von x vom Grade $\frac{1}{2}(n^2-1)$ bedeutet. Der erste Coefficient, d. h. der Coefficient der höchsten Potenz von x in $\Psi(x,\sqrt{x})$, ist offenbar $=\pm 1$ und kann also gleich $+1$ angenommen werden; der letzte Coefficient, d. h. $\Psi(0,\sqrt{x})$, hat ebenfalls den Werth ± 1, da für $x=0$ der Ausdruck auf der linken Seite der Gleichung (32) gleich $-\sqrt{x}$ wird. Es ist ferner:

$$(33)\qquad \Psi(x,\sqrt{x})=\prod_{h,h'}\left(x-\sqrt{x}\,\sin\operatorname{coam}\frac{4hK+2h'K'i}{n}\right)$$
$$\left(h=0,1,\ldots n-1;\ h'=1,2,\ldots\tfrac{1}{2}(n-1)\ \text{und}\ h'=0,\ h=1,2,\ldots\tfrac{1}{2}(n-1)\right)$$

und also:

$$(34)\qquad \prod_{h,h'}\sqrt{x}\,\sin\operatorname{coam}\frac{4hK+2h'K'i}{n}=\pm 1,$$

wenn die Multiplication auf die angegebenen $\frac{1}{2}(n^2-1)$ Werthsysteme von h,h' erstreckt wird.

Die $\frac{1}{2}(n^2-1)$ verschiedenen Grössen $\sqrt{x}\,\sin\operatorname{coam}\frac{4hK+2h'K'i}{n}$ sind, als Wurzeln der Gleichung (31), sämmtlich ganze algebraische dem Bereiche (ρ) entstammende Grössen, da erstens der Coefficient der höchsten Potenz von x in der bezeichneten Gleichung gleich Eins ist, da zweitens die Coefficienten ϕ_{nr} ganze rationale Grössen des Bereichs (ρ) sind, und da endlich $\sqrt{x}$ als Wurzel der Gleichung:

$$(\sqrt{x})^4-\rho(\sqrt{x})^2+1=0$$

eine ganze algebraische dem Bereiche (ρ) entstammende Grösse ist.

Die Coefficienten der verschiedenen Potenzen von x in $\Psi(x,\sqrt{x})$ sind hiernach ebenfalls ganze algebraische dem Bereiche (ρ) entstammende Grössen; sie sind aber zugleich rational in $\sqrt{x}$, denn die Coefficienten von $\Psi^2(x)$ haben offenbar diese Eigenschaft und also auch die Coefficienten der Derivirten: $\Psi(x)\Psi'(x)$; die Function $\Psi(x)$ selbst ist aber der grösste gemeinschaftliche Theiler von $\Psi^2(x)$ und $\Psi(x)\Psi'(x)$, und die Coefficienten von $\Psi(x)$ gehören daher demselben Rationalitätsbereich an wie die von $\Psi^2(x)$.

Da die Coefficienten von $\Psi(x,\sqrt{x})$, wie sich gezeigt hat, ganze algebraische Grössen des Gattungsbereichs $(\rho,\sqrt{x})$ sind, und da ferner der Coefficient der höchsten Potenz von x ebenso wie der von x unabhängige Term den absoluten Werth Eins hat,

so sind die Wurzeln der Gleichung $\Psi(x, \sqrt{\varkappa}) = 0$, nämlich die Grössen $\sqrt{\varkappa} \sin\operatorname{coam} \frac{4hK + 2h'K'i}{n}$, sämmtlich ganze algebraische Einheiten, welche dem Bereiche (ρ) entstammen.

Da $\sin\operatorname{coam} u = \frac{\cos\operatorname{am} u}{\Delta \operatorname{am} u}$ ist, so wird, wenn man zur Abkürzung $\sqrt{\varkappa} \sin\operatorname{am} \frac{4hK + 2h'K'i}{n}$ durch s bezeichnet:

$$\sqrt{\varkappa} \sin\operatorname{coam} \frac{4hK + 2h'K'i}{n} = \frac{\sqrt{\varkappa - s^2}}{\sqrt{1 - \varkappa s^2}},$$

und das Product:

$$\left(x^2 - \varkappa \sin^2\operatorname{coam} \frac{4hK + 2h'K'i}{n}\right)\left(x^2 - \frac{1}{\varkappa \sin^2\operatorname{coam} \frac{4hK + 2h'K'i}{n}}\right)$$

wird daher gleich:

$$x^4 - \frac{\rho(1 + s^4) - 4s^2}{1 + s^4 - \rho s^2} x^2 + 1.$$

Setzt man hierin für s^2 die $\frac{1}{2}(n^2 - 1)$ verschiedenen Werthe von:

$$\varkappa \sin^2\operatorname{am} \frac{4hK + 2h'K'i}{n}$$

$$\left(h = 0, 1, \ldots n-1;\ h' = 1, 2, \ldots \tfrac{1}{2}(n-1) \text{ und } h' = 0;\ h = 1, 2, \ldots \tfrac{1}{2}(n-1)\right)$$

und multiplicirt alle so entstehenden Ausdrücke mit einander, so resultirt eine ganze Function von x^2, deren Coefficienten, als symmetrische Functionen der $\frac{1}{2}(n^2 - 1)$ Werthe von s^2, d. h. also der $n^2 - 1$ Wurzeln der Gleichung: $\frac{1}{x} \Phi_n(x) = 0$, dem Rationalitätsbereiche (ρ) angehören. Multiplicirt man diese Function von x^2 mit dem Product:

$$\prod_{h,h'} \varkappa \sin^2\operatorname{coam} \frac{4hK + 2h'K'i}{n},$$

dessen Werth gemäss der Gleichung (34) den Werth Eins hat, so kann dieselbe durch das Product:

$$\Psi(x, \sqrt{\varkappa})\, \Psi(-x, \sqrt{\varkappa})\, x^{n^2-1}\, \Psi\left(\frac{1}{x}, \sqrt{\varkappa}\right) \Psi\left(-\frac{1}{x}, \sqrt{\varkappa}\right)$$

dargestellt werden, welches mit $\Psi_n(x^2)$ bezeichnet werden möge. Wenn nun $\Phi_n(x)$, wie oben, das Aggregat $x^{n^2} + \sum_r \phi_{nr} x^{2r+1}$ auf der linken Seite der Gleichung (32) bedeutet, so lässt sich eben diese Gleichung folgendermaassen ausdrücken:

$$\frac{1}{x - \sqrt{\varkappa}}\left(\Phi_n(x) - \sqrt{\varkappa}\, x^{n^2} \Phi\left(\frac{1}{x}\right)\right) = \Psi^2(x, \sqrt{\varkappa}),$$

und es zeigt sich dabei, dass:

$$\Psi\left(x, \frac{1}{\sqrt{\varkappa}}\right) = \pm\, x^{\frac{1}{2}(n^2-1)}\, \Psi\left(\frac{1}{x}, \sqrt{\varkappa}\right)$$

ist. Jenes Product $\Psi_n(x)$ kann demnach auch in der Form:

$$\Psi(x, \sqrt{\varkappa})\, \Psi(-x, \sqrt{\varkappa})\, \Psi\left(x, \frac{1}{\sqrt{\varkappa}}\right) \Psi\left(-x, \frac{1}{\sqrt{\varkappa}}\right)$$

dargestellt werden, bei welcher es evident wird, dass die Coefficienten von $\Psi_n(x)$ in Beziehung auf $\sqrt{\varkappa}$ und $\frac{1}{\sqrt{\varkappa}}$ symmetrisch sind.

Da die Coefficienten jedes einzelnen der vier Factoren von $\Psi_n(x^2)$:

$$\Psi(\pm x, \sqrt{\varkappa}), \quad x^{\frac{1}{2}(n^2-1)}\, \Psi\left(\pm\frac{1}{x}, \sqrt{\varkappa}\right)$$

ganze algebraische Functionen von ρ sind, so sind die Coefficienten von $\Psi_n(x^2)$ selbst, welche ja, wie oben dargelegt worden ist, dem Rationalitätsbereiche (ρ) angehören, ganze Grössen eben dieses Bereichs. Es ist daher

das mit $\Psi_n(x^2)$ bezeichnete Product:

$$\prod_{h,h'}\left(x^2 - \varkappa \sin^2\operatorname{coam}\frac{4hK + 2h'K'i}{n}\right) \Big/ \left(x^2 \qquad \varkappa \sin^2\operatorname{coam}\frac{4hK + 2h'K'i}{n}\right.$$

eine **ganze** Grösse des Rationalitätsbereichs (ρ, x^2).

Die von Jacobi mit $\Delta\operatorname{am}(u, \varkappa)$ bezeichnete Grösse

$$\sqrt{1 - \varkappa^2 \sin^2\operatorname{am}(u, \varkappa)}$$

ist für jeden der Werthe:

$$u = \frac{4hK + 2h'K'i}{n} \qquad (h, h' = 0, 1, \ldots, n-1)$$

offenbar eine ganze algebraische dem Bereiche (ρ) entstammende Grösse. Für das Product aller dieser Grössen besteht die Gleichung:

$$(35) \qquad \prod_{h,h'} \Delta\operatorname{am}\frac{4hK + 2h'K'i}{n} = (1 - \varkappa^2)^{\frac{1}{4}(n^2-1)},$$

welche sich bei Anwendung der Relation:

$$\sin\operatorname{coam}(-iu, \varkappa')\, \Delta\operatorname{am}(u, \varkappa) = 1 \qquad (\varkappa' = \sqrt{1-\varkappa^2})$$

unmittelbar aus der Gleichung (34) ergiebt. Nun ist, wenn man wie oben $\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4hK + 2h'K'i}{n}$ durch s bezeichnet:

$$\sin'\operatorname{am}\frac{4hK + 2h'K'i}{n} = \sqrt{1 - \rho s^2 + s^4};$$

es ist daher gemäss der Gleichung (2) des §. 1:

$$\sin' \mathrm{am}\, \frac{4hK + 2h'K'i}{n} = \frac{1 - s^4}{s} \sqrt{x}\, \sin \mathrm{am}\, 2 \cdot \frac{4hK + 2h'K'i}{n},$$

und folglich, wenn man auf der rechten Seite unter dem Zeichen sin am die Zahl 2 durch die Zahl $n + 2$ ersetzt und dann die Gleichung (4) des §. 1 anwendet:

$$(36) \qquad \sin' \mathrm{am}\, \frac{4hK + 2h'K'i}{n} = (-1)^{\frac{1}{2}(n+1)} \frac{(1 - s^4)\, \Phi_n(s)}{s^{n^2+1} \Phi_n\left(\frac{1}{s}\right)}.$$

Diese Gleichung zeigt, dass die Grösse $\sin' \mathrm{am}\, \frac{4hK + 2h'K'i}{n}$ dem Gattungsbereiche (ρ, s), d. h.

$$\left(\rho, \sin \mathrm{am}\, \frac{4hK + 2h'K'i}{n}\right),$$

angehört; dieselbe Grösse ist ferner, als Quadratwurzel aus $1 - \rho s^2 + s^4$ offenbar eine ganze algebraische Function von ρ; die $\frac{1}{2}(n^2 - 1)$ verschiedenen Grössen:

$$\sin' \mathrm{am}\, \frac{4hK + 2h'K'i}{n} \qquad \left(\begin{array}{l} h = 0, 1, \ldots n-1;\ h' = 1, 2, \ldots \frac{1}{2}(n-1), \\ \text{und } h' = 0;\ h = 1, 2, \ldots \frac{1}{2}(n-1) \end{array}\right)$$

sind also ganze algebraische dem Bereiche (ρ) entstammende Grössen, und ihre Quadrate sind Wurzeln einer Gleichung des Grades $\frac{1}{2}(n^2 - 1)$, deren Coefficienten ganze Grössen des Rationalitätsbereiches (ρ) sind. Der letzte Coefficient dieser Gleichung, d. h. also der Werth des Products der $\frac{1}{2}(n^2 - 1)$ Wurzeln, bestimmt sich mit Hülfe der Relation:

$$\sin' \mathrm{am}\, u = \sin \mathrm{coam}\, u\, \Delta^2 \mathrm{am}\, u$$

aus den Gleichungen (34) und (35), und es ergiebt sich dabei, dass:

$$(37) \qquad \prod_{h,h'} \sin' \mathrm{am}\, \frac{4hK + 2h'K'i}{n} = \pm (\rho^2 - 4)^{\frac{1}{8}(n^2-1)}$$

$$\left(h = 0, 1, \ldots n - 1;\ h' = 1, 2, \ldots \frac{1}{2}(n-1), \text{ und } h' = 0;\ h = 1, 2, \ldots \frac{1}{2}(n-1)\right)$$

ist. Dieses Resultat soll nun zur Ermittelung der Discriminante von $\Phi_n(x)$ benutzt werden.

Doch möge hier noch die Bemerkung Platz finden, dass sämmtliche Grössen:

$$\sqrt{x}\, \sin \mathrm{am}\, \frac{4hK + 2h'K'i}{n}, \quad \sin' \mathrm{am}\, \frac{4hK + 2h'K'i}{n} \qquad (h, h' = 0, 1, \ldots n-1)$$

dem Gattungsbereich:

$$\left(\rho, \sqrt{x}\, \sin \mathrm{am}\, \frac{2K}{n}, \sqrt{x}\, \sin \mathrm{am}\, \frac{2K'i}{n}\right)$$

angehören, da $\sqrt{\varkappa}$ sin am $\frac{4hK + 2h'K'i}{n}$ sich mittels des Additionstheorems als rationale Function der fünf Grössen:

$$\rho, \sqrt{\varkappa} \sin \mathrm{am} \frac{2K}{n}, \sqrt{\varkappa} \sin \mathrm{am} \frac{2K'i}{n}, \sin' \mathrm{am} \frac{2K}{n}, \sin' \mathrm{am} \frac{2K'i}{n}$$

darstellen lässt, von denen die letzten beiden wiederum gemäss der obigen Gleichung (36) als rationale Functionen der ersten drei Grössen ausdrückbar sind.

Hieraus folgt ferner, dass die n^2 Grössen:

$$\sqrt{\varkappa} \sin \mathrm{am} \left(u + \frac{4hK + 2h'K'i}{n}\right) \qquad (h, h' = 0, 1, \ldots n-1),$$

welche gemäss §. 2 ganze algebraische dem Bereiche $(\rho, \sqrt{\varkappa} \sin \mathrm{am}\, nu)$ entstammende Grössen sind, sämmtlich dem Gattungsbereiche:

$$\left(\rho, \sin' \mathrm{am}\, u, \sqrt{\varkappa} \sin \mathrm{am}\, u, \sqrt{\varkappa} \sin \mathrm{am} \frac{2K}{n}, \sqrt{\varkappa} \sin \mathrm{am} \frac{2K'i}{n}\right)$$

angehören, wenn u, wie im §. 2, eine unbestimmte Variable bedeutet.

§. 7.

Setzt man, wie oben (§. 2):

$$x^{n^2} + \sum_r \phi_{nr} x^{2r+1} = \Phi_n(x) \qquad \left(r = 0, 1, 2, \ldots \tfrac{1}{2}(n^2 - 3)\right),$$

so ist gemäss der a. a. O. entwickelten Gleichung (5). .

$$\text{(5*)} \qquad \Phi_n(x) = (-1)^{\frac{1}{2}(n-1)} x^{n^2} X \Phi_n\left(\frac{1}{x}\right)$$

für:

$$X = \sqrt{\varkappa} \sin \mathrm{am}\, nu, \quad x = \sqrt{\varkappa} \sin \mathrm{am} \left(u + \frac{4gK + 2g'K'i}{n}\right).$$
$$(g, g' = 0, 1, \ldots n-1)$$

Differentiirt man die Gleichung (5*) nach u und setzt dann $u = 0$, so kommt:

$$\Phi'_n(x) \sin' \mathrm{am} \frac{4gK + 2g'K'i}{n} = (-1)^{\frac{1}{2}(n-1)} n x^{n^2} \Phi_n\left(\frac{1}{x}\right)$$

für:

$$x = \sqrt{\varkappa} \sin \mathrm{am} \frac{4gK + 2g'K'i}{n}$$

wenn mit $\Phi'_n(x)$ die Ableitung von $\Phi_n(x)$ bezeichnet wird. Da nun:

$$x^{n^2}\Phi_n\left(\frac{1}{x}\right)=\prod_{h,h'}\left(1-x^2\varkappa\sin^2\operatorname{am}\frac{4hK+2h'K'i}{n}\right)$$

$$\left(h=0,1,\ldots n-1;\ h'=1,2,\ldots\tfrac{1}{2}(n-1)\ \text{und}\ h'=0,\ h=1,2,\ldots\tfrac{1}{2}(n-1)\right)$$

ist, so zeigt sich, dass der Werth des Products:

$$\prod_{h,h'}{}^{n}\left(1-\varkappa^2\sin^2\operatorname{am}\frac{4gK+2g'K'i}{n}\cdot\sin^2\operatorname{am}\frac{4hK+2h'K'i}{n}\right)$$

$$\left(h=0,1,\ldots n-1;\ h'=1,2,\ldots\tfrac{1}{2}(n-1)\ \text{und}\ h'=0;\ h=1,2,\ldots\tfrac{1}{2}(n-1)\right)$$

mit dem Werthe des Ausdrucks:

$$\sin'\operatorname{am}\frac{4gK+2g'K'i}{n}\cdot\Phi_n'\left(\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4gK+2g'K'i}{n}\right)$$

genau übereinstimmt. Setzt man in diesem Ausdrucke für g, g' der Reihe nach die n^2 Werthsysteme:

$$g, g'=0, 1, \ldots n-1$$

und multiplicirt alle auf diese Weise entstehenden Grössen mit einander, so erhält man die Discriminante von $\Phi_n(x)$, multiplicirt mit dem Product:

$$\prod_{g,g'}\sin'\operatorname{am}\frac{4gK+2g'K'i}{n}\qquad(g, g'=0, 1, \ldots n-1),$$

welches gemäss der Gleichung (37) den Werth: $(\rho^2-4)^{\frac{1}{2}(n^2-1)}$ hat. Es ist daher:

$$(\rho^2-4)^{\frac{1}{4}(n^2-1)}D\big(\Phi_n(x)\big)=n^{n^2}\prod_{g,g'}\prod_{h,h'}\left(1-\varkappa^2\sin^2\operatorname{am}\frac{4gK+2g'K'i}{n}\sin^2\operatorname{am}\frac{4hK+2h'K'i}{n}\right),$$

$$\left(g, g'=0, 1, \ldots n-1;\ h=0, 1, \ldots n-1;\ h'=1, 2, \ldots\tfrac{1}{2}(n-1)\ \text{und}\ h'=0;\ h=1, 2, \ldots\tfrac{1}{2}(n-1)\right)$$

wenn $D\big(\Phi_n(x)\big)$ die Discriminante von $\Phi_n(x)$ bedeutet.

Behufs Ermittelung des Werthes des Doppelproducts auf der rechten Seite der Gleichung (38) gehe ich von jener Fundamentalgleichung für die θ-Function aus:

$$1-\varkappa^2\sin^2\operatorname{am}u\sin^2\operatorname{am}v=\frac{\theta(u+v)\,\theta(u-v)}{\big(\theta(u)\,\theta(v)\big)^2}\big(\theta(0)\big)^2,$$

welche JACOBI im §. 53 der Fundamenta abgeleitet hat. Da die Beziehung zwischen dieser θ-Function und der hier mit ϑ_0 bezeichneten Function durch die Gleichungen:

$$\theta(2K\zeta)=\vartheta_0(\zeta),\quad\sqrt{\frac{2K}{\pi}}=\vartheta_3(0)$$

ausgedrückt wird, so kann jene Fundamentalgleichung in der Form:

$$1-\varkappa^2\sin^2\operatorname{am}2K\xi\sin^2\operatorname{am}2K\eta=\frac{\vartheta_0(\xi+\eta)\,\vartheta_0(\xi-\eta)}{\big(\vartheta_0(\xi)\,\vartheta_0(\eta)\big)^2}\big(\vartheta_0(0)\big)^2$$

dargestellt werden. Es ist ferner:[1]

$$\frac{\vartheta_0(\zeta, w)}{\vartheta_0(0, w)} = \prod_\nu \frac{(1 - e^{(\nu w + 2\zeta)\pi i})(1 - e^{(\nu w - 2\zeta)\pi i})}{(1 - e^{\nu w \pi i})^2} \qquad (\nu = 1, 3, 5, \ldots \text{ in inf.})$$

und also:

$$(39) \qquad \frac{\prod_\varepsilon \vartheta_0(\eta + \varepsilon\xi)}{(\vartheta_0(0))^2} \prod_\nu (1 - e^{\nu w \pi i})^4 = \prod_{\varepsilon, \varepsilon', \nu} (1 - e^{(\nu w + 2\varepsilon\xi + 2\varepsilon'\eta)\pi i}).$$

$$(\varepsilon, \varepsilon' = -1, +1;\ \nu = 1, 3, 5, \ldots \text{ in inf.})$$

Nun sollen in das Product auf der rechten Seite für η die $\frac{1}{2}(n^2 - 1)$ Werthe

$$\frac{2h + h'w}{n} \qquad \begin{pmatrix} h = 0, 1, \ldots n-1;\ h' = 1, 2, \ldots \frac{1}{2}(n-1) \\ \text{und } h' = 0;\ h = 1, 2, \ldots \frac{1}{2}(n-1) \end{pmatrix}$$

gesetzt und alsdann alle auf diese Weise entstehenden Producte mit einander multiplicirt werden. Dabei wird zuvörderst:

$$\prod_{h=0}^{h=n-1} \left(1 - e^{\left(\nu w + 2\varepsilon\xi + 2\varepsilon' \frac{h + h'w}{n}\right)\pi i}\right) = 1 - e^{((\nu n + 2\varepsilon' h')w + 2\varepsilon n\xi)\pi i}$$

folglich:

$$\prod_{\varepsilon, \varepsilon', h'} (1 - e^{((\nu n + 2\varepsilon' h')w + 2\varepsilon n\xi)\pi i}) = \prod_{\varepsilon, r} (1 - e^{(rw + 2\varepsilon n\xi)\pi i}),$$

$$\left(\varepsilon, \varepsilon' = -1, +1;\ h' = 1, 2, \ldots \tfrac{1}{2}(n-1)\right) \quad \left(\varepsilon = -1, +1;\ r = (\nu-1)n + 1, (\nu-1)n + 3, \ldots (\nu+1)n - 1\right)$$

und da dann, wenn ν alle positiven ungraden Werthe durchläuft, die Zahl r alle positiven ungraden Werthe mit Ausnahme derjenigen erhält, welche durch n theilbar sind, so resultirt die Gleichung:

$$(40) \qquad \prod_{\varepsilon, \varepsilon', h, h', \nu} \left(1 - e^{\left(\nu w + 2\varepsilon\xi + 2\varepsilon' \frac{h + h'w}{n}\right)\pi i}\right) = \prod_{\varepsilon, \nu} \frac{1 - e^{(\nu w + 2\varepsilon n\xi)\pi i}}{1 - e^{(\nu n w + 2\varepsilon n\xi)\pi i}}.$$

$$\left(\varepsilon, \varepsilon' = -1, +1;\ h = 0, 1, \ldots n-1;\ h' = 1, 2, \ldots \tfrac{1}{2}(n-1);\ \nu = 1, 3, 5, \ldots \text{ in inf.}\right)$$

Hiermit ist die Multiplication in Beziehung auf die Werthsysteme:

$$h = 0, 1, \ldots n-1;\ h' = 1, 2, \ldots \tfrac{1}{2}(n-1)$$

erstreckt, und es ist nun noch $h' = 0$, $h = 1, 2, \ldots \frac{1}{2}(n-1)$ zu nehmen, also das Product:

$$\prod_{\varepsilon, \varepsilon', h, \nu} \left(1 - e^{\left(\nu w + 2\frac{\varepsilon' h}{n} + 2\varepsilon\xi\right)\pi i}\right) \qquad \begin{pmatrix} \varepsilon, \varepsilon' = -1, +1;\ h = 1, 2, \ldots \frac{1}{2}(n-1) \\ \nu = 1, 3, 5, \ldots \text{ in inf.} \end{pmatrix}$$

zu bilden, dessen Werth offenbar mit dem des Products:

$$\prod_{\varepsilon, \nu} \frac{1 - e^{(\nu n w + 2\varepsilon n\xi)\pi i}}{1 - e^{(\nu w + 2\varepsilon\xi)\pi i}} \qquad (\varepsilon = -1, +1;\ \nu = 1, 3, 5, \ldots \text{ in inf.})$$

[1] Vergl. Art. I im Sitzungsbericht von 1883 (Stück XX, S. 497), wo schon die Productentwickelung von $\vartheta(\zeta, w)$ angegeben ist.

übereinstimmt. Wird dieses Product mit demjenigen multiplicirt, welches auf der rechten Seite der Gleichung (40) steht, so kommt:

$$\prod_{\varepsilon,\nu} \frac{1 - e^{(\nu w + 2\varepsilon n\xi)\pi i}}{1 - e^{(\nu w + 2\varepsilon\xi)\pi i}} \qquad (\varepsilon = -1, +1;\ \nu = 1, 3, 5, \ldots \text{ in inf.}),$$

oder:

$$\frac{\vartheta_0(n\xi, w)}{\vartheta_0(\xi, w)},$$

und der Werth dieses ϑ-Quotienten stimmt also mit dem des Products aller derjenigen $\frac{1}{2}(n^2-1)$ Ausdrücke:

$$\prod_{\varepsilon,\varepsilon',\nu} \left(1 - e^{(\nu w + 2\varepsilon\xi + 2\varepsilon'\eta)\pi i}\right) \qquad (\varepsilon, \varepsilon' = -1, +1;\ \nu = 1, 3, 5, \ldots \text{ in inf.})$$

überein, welche resultiren, wenn hierin:

$$\eta = \frac{2h + h'w}{n} \qquad \begin{matrix} \text{für } h = 0, 1, \ldots n-1;\ h' = 1, 2, \ldots \frac{1}{2}(n-1) \text{ und} \\ \text{für } h' = 0;\ h = 1, 2, \ldots \frac{1}{2}(n-1) \end{matrix}$$

gesetzt wird. Diese Ausdrücke bilden die rechte Seite der Gleichung (39); es ergiebt sich daher das Resultat:

$$(41) \qquad \prod_{\varepsilon,h,h'} \vartheta_0\left(\varepsilon\xi + \frac{2h + h'w}{n}\right) \prod_\nu \left(1 - e^{\nu w\pi i}\right)^{2(n^2-1)} = \left(\vartheta_0(0)\right)^{n^2-1} \cdot \frac{\vartheta_0(n\xi)}{\vartheta_0(\xi)},$$

$$\left(\varepsilon = -1, +1;\ h = 0, 1, \ldots n-1;\ h' = 1, 2, \ldots \tfrac{1}{2}(n-1) \text{ und } h' = 0;\ h = 1, 2, \ldots \tfrac{1}{2}(n-1)\right)$$

und hieraus geht, wenn $\xi = 0$ genommen wird, die speciellere Relation:

$$(42) \qquad \prod_{h,h'} \vartheta_0\left(\frac{2h + h'w}{n}\right) \prod_\nu \left(1 - e^{\nu w\pi i}\right)^{n^2-1} = \left(\vartheta_0(0)\right)^{\frac{1}{2}(n^2-1)}$$

hervor, in welcher die Multiplication links auf dieselben Werthe von h, h' wie oben auszudehnen ist.

Nunmehr folgt unmittelbar aus der Gleichung (39) mit Hülfe der beiden Relationen (41) und (42), dass die Gleichung:

$$(43) \qquad \prod_{h,h'} \left(1 - \varkappa \sin\operatorname{am} 2K\xi \sin\operatorname{am} \frac{4hK + 2h'K'i}{n}\right) = \left(\frac{\vartheta_0(0)}{\vartheta_0(\xi)}\right)^{n^2} \frac{\vartheta_0(n\xi)}{\vartheta_0(0)}$$

$$(h, h' = 0, 1, \ldots n-1)$$

besteht, welche ich schon in meiner Mittheilung vom 19. Juli 1875 entwickelt habe.[1] Setzt man darin für ξ die $\frac{1}{2}(n^2-1)$ Werthe:

$$\frac{2g + g'w}{n} \qquad \begin{pmatrix} g = 0, 1, \ldots n-1;\ g' = 1, 2, \ldots \frac{1}{2}(n-1) \\ \text{und } g' = 0;\ g = 1, 2, \ldots \frac{1}{2}(n-1) \end{pmatrix}$$

und multiplicirt die hierdurch entstehenden Ausdrücke auf der einen

[1] Monatsbericht von 1875 S. 507.

wie auf der anderen Seite der Gleichung, so zeigt sich, dass der Werth des Products:

$$(44)\qquad \prod_{g,g',h,h'}\left(1-\varkappa\sin\mathrm{am}\,\frac{4gK+2g'K'i}{n}\sin\mathrm{am}\,\frac{4hK+2h'K'i}{n}\right)$$

$\left(h,h'=0,1,\ldots n-1;\ g=0,1,\ldots n-1;\ g'=1,2,\ldots\tfrac{1}{2}(n-1)\ \text{und}\ g'=0;\ g=1,2,\ldots\tfrac{1}{2}(n-1)\right)$

mit demjenigen des Products:

$$\left(\frac{\vartheta_0(0)}{\vartheta_0\left(\dfrac{2g+g'w}{n}\right)}\right)^{n^2}\frac{\vartheta_0(g'w)}{\vartheta_0(0)}$$

übereinstimmt. Da für jede ganze Zahl r:

$$(45)\qquad \vartheta_0(\zeta+rw)=(-1)^r e^{-(2\zeta+rw)r\pi i}\vartheta_0(\zeta)$$

ist, so ergiebt die Multiplication der Factoren:

$$\frac{\vartheta_0(g'w)}{\vartheta_0(0)}$$

als Resultat:

$$\pm e^{nw\pi i\sum_r r^2}\qquad \left(r=1,2,\ldots\tfrac{1}{2}(n-1)\right)$$

oder:

$$\pm e^{-\frac{1}{24}n^2(n^2-1)w\pi i}$$

Es wird ferner gemäss der Gleichung (42):

$$\prod_{g,g'}\frac{\vartheta_0(0)}{\vartheta_0\left(\dfrac{2g+g'w}{n}\right)}=\prod_\nu\left(1-e^{\nu w\pi i}\right)^{n^2-1}\qquad (\nu=1,3,5,\ldots\text{ in inf.}),$$

und der Werth des Products (44) ist daher gleich:

$$\left(e^{-\frac{w\pi i}{24}}\prod_\nu\left(1-e^{\nu w\pi i}\right)\right)^{n^2(n^2-1)}\qquad (\nu=1,3,5,\ldots\text{ in inf.})\,.$$

Da endlich nach §. 36 von Jacobi's Fundamenta die Relation:

$$(46)\qquad e^{-\frac{w\pi i}{24}}\prod_\nu\left(1-e^{\nu w\pi i}\right)=\left(16(\rho^2-4)\right)^{\frac{1}{24}}$$

besteht, und da ferner jeder Factor des Products (44) bei Ausdehnung der Multiplication auf alle Werthe $g, g'=0, 1, \ldots n-1$ offenbar zweimal genommen wird, so ergiebt sich die Gleichung:

$$(47)\qquad \prod_{g,g',h,h'}\left(1-\varkappa\sin\mathrm{am}\,\frac{4gK+2g'K'i}{n}\sin\mathrm{am}\,\frac{4hK+2h'K'i}{n}\right)=\left(16(\rho^2-4)\right)^{\frac{n^2(n^2-1)}{12}},$$

$$(g, g', h, h'=0, 1, \ldots n-1)$$

und die Discriminante von $\Phi_n(x)$ bestimmt sich daher in folgender Weise:

(48) $$D\left(\Phi_n(x)\right)=2^{\frac{n^2(n^2-1)}{3}}(\rho^2-4)^{\frac{(n^2-1)(n^2-3)}{12}}n^{n^2}.$$

Wird $\Phi_n(x)=x\cdot\bar{\Phi}_n(x^2)$ gesetzt und die Ableitung von $\bar{\Phi}_n(y)$ mit $\bar{\Phi}'_n(y)$ bezeichnet, so ist:

$$\Phi'_n(x)=2x^2\bar{\Phi}'_n(x^2)+\bar{\Phi}_n(x^2)$$

und also:

$$D\left(\Phi_n(x)\right)=2^{n^2-1}\bar{\Phi}_n(0)\left(D(\bar{\Phi}_n(y))\right)^2\prod_{h,h'}\varkappa\sin^2\operatorname{am}\frac{4hK+2h'K'i}{n},$$

$$(h,h'=0,1,\dots n-1 \text{ ausser } h=h'=0),$$

wenn $D(\bar{\Phi}_n(y))$ die Discriminante von $\bar{\Phi}_n(y)$ bedeutet. Hiernach ist:

$$D(\Phi_n(x))=2^{n^2-1}n^3\left(D(\bar{\Phi}_n(y))\right)^2$$

und folglich gemäss der Gleichung (48):

(49) $$D(\bar{\Phi}_n(y))=\pm n^{\frac{1}{2}(n^2-3)}\left(16(\rho^2-4)\right)^{\frac{(n^2-1)(n^2-3)}{24}}.$$

Dieses Resultat stimmt mit demjenigen überein, welches ich in meiner Mittheilung vom 19. Juli 1875[1] entwickelt habe. Dort ist nämlich:

$$(\varepsilon n)^{\frac{1}{2}(n^2-3)}\left(4\varkappa-\frac{4}{\varkappa}\right)^{\frac{1}{12}(n^2-1)(n^2-3)}\qquad\left(\varepsilon=(-1)^{\frac{1}{2}(n-1)}\right)$$

als der Werth des Products der sämmtlichen $\frac{1}{4}(n^2-1)(n^2-3)$ Differenzen der $\frac{1}{2}(n^2-1)$ Grössen:

$$\varkappa\sin^2\operatorname{am}\frac{2hK+2h'K'i}{n}\qquad\begin{pmatrix}h=0;\ h'=1,2,\dots\frac{1}{2}(n-1)\ \text{und}\\ h=1,2,\dots\frac{1}{2}(n-1);\ h'=0,1,\dots n-1\end{pmatrix}$$

angegeben. Dieses Differenzenproduct ist aber, abgesehen vom Vorzeichen, nichts anderes als die mit $D(\bar{\Phi}_n(y))$ bezeichnete Discriminante von $\bar{\Phi}_n(y)$, und es ist ferner $4\varkappa-\frac{4}{\varkappa}=\sqrt{16(\rho^2-4)}$.

§. 8.

Die im vorhergehenden Paragraphen entwickelten Formeln können zur Ermittelung des Werthes des Products:

$$\prod_{g,g',h,h'}\left(1-\varkappa\sin\operatorname{am}\frac{4gK+2g'K'i}{m}\sin\operatorname{am}\frac{4hK+2h'K'i}{n}\right)$$

$$(g,g'=0,1,\dots m-1;\ h,h'=0,1,\dots n-1)$$

benutzt werden, wenn m und n ungrade und zu einander relativ prim sind. Wird dieses Product nämlich zur Abkürzung mit $P_{m,n}$ bezeichnet, so ist zuvörderst gemäss der Formel (43):

[1] Monatsbericht vom Juli 1875, S. 507.

$$P_{m,n} = \prod_{g,g'} \left(\frac{\vartheta_0(0)}{\vartheta_0\left(\frac{2g+g'w}{m}\right)} \right)^{2n^2} \prod_{g,g'} \left(\frac{\vartheta_0\left(\frac{2ng+ng'w}{m}\right)}{\vartheta_0(0)} \right)^2,$$

oder:

$$P_{m,n} = \prod_{g,g'} \left(\frac{\vartheta_0(0)}{\vartheta_0\left(\frac{2g+g'w}{m}\right)} \right)^{2(n^2-1)} \prod_{g,g'} \left(\frac{\vartheta_0\left(\frac{2ng+ng'w}{m}\right)}{\vartheta_0\left(\frac{2g+g'w}{m}\right)} \right)^2,$$

wenn die Multiplication auf die Werthe:

$$g = 0, 1, \ldots m-1; \; g' = 1, 2, \ldots \tfrac{1}{2}(m-1)$$
$$\text{und } g' = 0; \; g = 1, 2, \ldots \tfrac{1}{2}(m-1)$$

erstreckt wird. Das erste Product auf der rechten Seite hat nun gemäss der Formel (42) den Werth:

$$\prod_\nu (1 - e^{\nu w \pi i})^{2(m^2-1)(n^2-1)} \qquad (\nu = 1, 3, 5, \ldots \text{in inf.}),$$

und das zweite kann, da $\vartheta_0(\zeta) = \vartheta_0(\zeta+1)$ und $\vartheta_0(\zeta) = \vartheta_0(-\zeta)$ ist, auf die Form gebracht werden:

$$\prod_{g,h} \frac{\vartheta_0\left(\frac{g+nhw}{m}\right)}{\vartheta_0\left(\frac{g+hw}{m}\right)} \qquad \left(g, h = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots \pm \tfrac{1}{2}(m-1)\right).$$

Gemäss der Formel (45) besteht aber die Relation:

$$\vartheta_0\left(\frac{g+nhw}{m}\right) = e^{-\left(\frac{2g+2h'w}{m}+rw\right)r\pi i}\, \vartheta_0\left(\frac{g+h'w}{m}\right),$$

wenn $\frac{nh}{m} = r + \frac{h'}{m}$ und $\frac{h'}{m}$ der absolut kleinste Rest von $\frac{nh}{m}$ ist. Es wird daher:

$$\prod_{g,h} \frac{\vartheta_0\left(\frac{g+nhw}{m}\right)}{\vartheta_0\left(\frac{g+hw}{m}\right)} = e^{-\pi i \sum \left(\frac{2g+2h'w}{m}+rw\right)r} \qquad \left(g, h = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots \pm \tfrac{1}{2}(m-1)\right),$$

wo die Summation im Exponenten auf alle Werthe:

$$g = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots \pm \tfrac{1}{2}(m-1)$$

und auf die Werthe von r und h' zu erstrecken ist, welche sich aus den Bedingungen:

$$\frac{nh}{m} = r + \frac{h'}{m}, \quad h = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots \pm \tfrac{1}{2}(m-1)$$

ergeben. Da nun:

$$\left(\frac{2g+2h'w}{m}+rw\right)r=\frac{2gr}{m}+\left(\frac{nh}{m}\right)^2 w-\left(\frac{h'}{m}\right)^2 w$$

ist, erhält man als Resultat der bezeichneten Summation den Werth:

$$wm\sum\frac{n^2h^2}{m^2}-wm\sum\frac{h^2}{m^2}\quad\text{oder}\quad w\frac{n^2-1}{m}\Sigma h^2$$

oder also:

$$\frac{(m^2-1)(n^2-1)}{12}w.$$

Demnach wird:

$$P_{m,n}=e^{-\frac{(m^2-1)(n^2-1)}{12}w\pi i}\prod_\nu\left(1-e^{\nu w\pi i}\right)^{2(m^2-1)(n^2-1)}\qquad(\nu=1,3,5,\ldots\text{ in inf.}),$$

und mit Hülfe der Relation (46) ergiebt sich hieraus die der obigen Gleichung (47) analoge Formel:

$$\prod_{g,g',h,h'}\left(1-x\sin\operatorname{am}\frac{4gK+2g'K'i}{m}\sin\operatorname{am}\frac{4hK+2h'K'i}{n}\right)=\left(16(\rho^2-4)\right)^{\frac{(m^2-1)(n^2-1)}{12}}$$

$$(g,g'=0,1,\ldots m-1;\ h,h'=0,1,\ldots n-1)$$

in welcher m,n zwei ungrade Zahlen ohne gemeinschaftlichen Theiler bedeuten.

Denkt man sich mit Hülfe der Multiplicationsformel (4) die Grösse:

$$\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4hmK+2h'mK'i}{n}$$

als rationale Function von:

$$\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4hK+2h'K'i}{n}$$

dargestellt, so erscheint als Nenner:

$$x^{m^2}\Phi_m\left(\frac{1}{x}\right)\quad\text{oder}\quad\prod_{g,g'}\left(1-x\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4gK+2g'K'i}{m}\right),$$

$$(g,g'=0,1,\ldots m-1)$$

wenn darin $x=\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4hK+2h'K'i}{n}$ gesetzt wird. Die oben entwickelte Formel (50) zeigt daher, dass die Grösse:

$$\left(16(\rho^2-4)\right)^{\frac{(m^2-1)(n^2-1)}{12}}\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4hmK+2h'mK'i}{n}$$

sich als ganze ganzzahlige Function von:

$$\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4hK+2h'K'i}{n}\quad\text{und}\quad\rho$$

darstellen lässt.

§. 9.

Der oben mit $F_n(x)$ bezeichnete irreductible Factor von $\Phi_n(x)$ wird durch die Gleichung:

$$F_n(x) = \prod_{h,h'} \left(x - \sqrt{\varkappa} \sin\mathrm{am} \frac{4hK + 2h'K'i}{n} \right)$$

oder:

$$F_n(x) = \prod_{h,h'} \left(x - \mathrm{El} \left(\frac{h + h'w}{n}, w \right) \right)$$

definirt, wenn die Multiplication rechts nur auf diejenigen Werthsysteme $h, h' = 0, 1, \ldots n - 1$ erstreckt wird, für welche h und h' keinen Divisor von n als gemeinschaftlichen Theiler haben. Da die Gleichung $F_n(x) = 0$, wie schon im Anfange des §. 5 bemerkt worden, nur die primitiven Wurzeln der Theilungsgleichung $\Phi_n(x) = 0$ enthält, so kann $F_n(x)$ selbst auch als »der primitive Factor von $\Phi_n(x)$« bezeichnet werden. Der Grad von $F_n(x)$ ist nach §. 2 gleich:

$$n^2 \prod \left(1 - \frac{1}{p^2} \right),$$

wenn die Multiplication auf alle in n enthaltenen verschiedenen Primfactoren p ausgedehnt wird. Dieselbe Zahl ist es also, welche die Ordnung der ganzen algebraischen dem Bereiche (ρ) entstammenden Grössen:

$$\sqrt{\varkappa} \sin\mathrm{am} \frac{4hK + 2h'K'i}{n} \quad \text{oder} \quad \mathrm{El} \left(\frac{h + h'w}{n}, w \right)$$

oder der dadurch bezeichneten Gattung angiebt. Unter diesen Gattungen sind aber nicht mehr als:

$$n \prod \left(1 + \frac{1}{p} \right)$$

von einander verschieden, denn unter den Grössen:

$$\sqrt{\varkappa} \sin \mathrm{am} \frac{4hK + 2h'K'i}{n} \quad \text{oder} \quad \mathrm{El} \left(\frac{h + h'w}{n}, w \right)$$

gehören je:

$$n \prod \left(1 - \frac{1}{p} \right)$$

in dieselbe Gattung, nämlich alle diejenigen Grössen:

$$\sqrt{\varkappa} \sin \mathrm{am} \frac{4hrK + 2h'rK'i}{n} \quad \text{oder} \quad \mathrm{El} \left(\frac{hr + h'rw}{n}, w \right),$$

bei denen h und h' feste Werthe haben, während r alle Zahlen durchläuft, die ein vollständiges Restsystem der zu n relativen Primzahlen

modulo n bilden. Denn alle diese Grössen sind ja mittels der Multiplicationsformel (4) als rationale Functionen von ρ und:

$$\sqrt{x}\sin\operatorname{am}\frac{4hK+2h'K'i}{n} \quad \text{oder} \quad \operatorname{El}\left(\frac{h+h'w}{n},\, w\right)$$

darstellbar, wenn man die Zahlen r ungrade wählt. Dass aber je zwei Grössen:

$$\sqrt{x}\sin\operatorname{am}\frac{4hK+2h'K'i}{n} \quad \text{oder} \quad \operatorname{El}\left(\frac{h+h'w}{n},\, w\right),$$

bei denen die Verhältnisse $h:h'$ untereinander verschieden sind, auch wirklich verschiedenen Gattungen angehören, lässt sich in folgender Weise darthun. Gehörte $\operatorname{El}\left(\frac{h+h'w}{n},\, w\right)$ zu derselben Gattung wie $\operatorname{El}\left(\frac{1}{n},\, w\right)$, bestände also eine Gleichung:

$$\operatorname{El}\left(\frac{h+h'w}{n},\, w\right) = \Psi\left(\operatorname{El}\left(\frac{1}{n},\, w\right),\, \operatorname{El}\left(\frac{1}{4},\, w\right)\right),$$

in welcher $\Psi(x, y)$ eine rationale Function von x und y bedeutet, so würde daraus mittels der Transformationsformel (23^a) des §. 4 eine zweite Gleichung:

$$\operatorname{El}\left(\frac{h+h'w}{n}(\alpha-\gamma w'),\, w'\right) = \Psi\left(\operatorname{El}\left(\frac{\alpha-\gamma w'}{n},\, w'\right),\, \operatorname{El}\left(\frac{1}{4}(\alpha-\gamma w'),\, w'\right)\right)$$

folgen. Da nun:

$$(h+h'w)(\alpha-\gamma w') = (\alpha h-\beta h') - (\gamma h-\delta h')w'$$

ist, so würde, wenn $\alpha \equiv 1,\ \gamma \equiv 0,\ \delta \equiv 1 \pmod{n}$ genommen, β aber beliebig gelassen und dann wieder w statt w' gesetzt wird:

$$\operatorname{El}\left(\frac{h-\beta h'+h'w}{n},\, w\right) = \Psi\left(\operatorname{El}\left(\frac{1}{n},\, w\right),\, \operatorname{El}\left(\frac{1}{4},\, w\right)\right)$$

sein. Dies ist aber unmöglich, da sonst für beliebige Zahlen β:

$$\operatorname{El}\left(\frac{h+h'w}{n},\, w\right) = \operatorname{El}\left(\frac{h+h'w-\beta h'}{n},\, w\right)$$

sein müsste.

Bezeichnet man die verschiedenen Zahlen r mit $r_1, r_2, r_3 \ldots$ und das Product:

$$\prod_r\left(x-\sqrt{x}\sin\operatorname{am}\frac{4hrK+2h'rK'i}{n}\right) \qquad (r = r_1, r_2, \ldots)$$

mit $f_{h,h'}(x)$, so ist offenbar:

$$f_{h,h'}(x) = f_{mh,mh'}(x),$$

wenn m zu n relativ prim ist. Wird nun in dem Producte:

$$\prod_{h,h'}\left(z-f_{h,h'}(x)\right)$$

die Multiplication auf alle diejenigen Werthsysteme h, h' erstreckt, die keinen Divisor von n als gemeinschaftlichen Theiler haben, so ist es eine ganze Grösse des Rationalitätsbereichs (x, z, ρ); das Product ist ferner, da je $n\prod\left(1-\frac{1}{p}\right)$ Factoren einander gleich sind, Potenz einer ganzen Function von x und z, deren Exponent gleich $n\prod\left(1-\frac{1}{p}\right)$ ist. Hieraus erschliesst man, genau so wie oben, dass die Coefficienten dieser ganzen Function ganze Grössen des Rationalitätsbereichs (ρ) sein müssen, dass also schon dasjenige Product:

$$\prod_{h,h'}\left(z-f_{h,h'}(x)\right)$$

eine ganze Grösse des Rationalitätsbereichs (x, z, ρ) ist, welches entsteht, wenn man die Multiplication nur auf alle diejenigen $n\prod\left(1+\frac{1}{p}\right)$ Werthsysteme h, h' erstreckt, für welche die Verhältnisse $h:h'$ unter einander verschieden, und für welche also alle Grössen:

$$\sqrt{x}\,\sin\operatorname{am}\frac{4hK+2h'K'i}{n} \quad \text{oder} \quad \operatorname{El}\left(\frac{h+h'w}{n}, w\right)$$

verschiedene Gattungen repraesentiren. Dieses Product:

$$\prod_{h,h'}\left(z-f_{h,h'}(x)\right)$$

enthält offenbar lauter von einander verschiedene Factoren, und es ist eine irreductible ganze Grösse des Rationalitätsbereichs (x, z, ρ), weil die Gleichung $F_n(x)=0$, welche die sämmtlichen $n^2\prod\left(1-\frac{1}{p^2}\right)$ Wurzeln $\sqrt{x}\,\sin\operatorname{am}\frac{4hK+2h'K'i}{n}$ enthält, irreductibel ist. Jede der Grössen $f_{h,h'}(x)$, oder:

$$\prod_r\left(x-\sqrt{x}\,\sin\operatorname{am}\frac{4hrK+2h'rK'i}{n}\right) \qquad (r=r_1, r_2, \ldots),$$

ist daher selbst als ganze algebraische Grösse im Bereiche (ρ) von der Ordnung $n\prod\left(1+\frac{1}{p}\right)$, d. h. also die symmetrischen Functionen der $n\prod\left(1-\frac{1}{p}\right)$ Grössen:

$$\sqrt{x}\,\sin\operatorname{am}\frac{4hrK+2h'rK'i}{n} \qquad (r=r_1, r_2, \ldots)$$

constituiren eine Gattung algebraischer Grössen, welche im Bereiche (ρ) von der Ordnung $n\prod\left(1+\frac{1}{p}\right)$ und welche unter der durch eine dieser Grössen, z. B. durch:

$$\sqrt{x}\ \mathrm{sinam}\ \frac{4hK+2h'K'i}{n}$$

repraesentirten Gattung enthalten ist.[1]

Nun folgt ebenso wie oben aus der Transformationsgleichung (23^a) des §. 4, dass je zwei Producte:

$$\prod_r\left(x-\sqrt{x}\ \mathrm{sinam}\ \frac{4hrK+2h'rK'i}{n}\right) \text{ oder } \prod_r\left(x-\mathrm{El}\left(\frac{hr+h'rw}{n},w\right)\right), \quad (r=r_1,r_2,\ldots)$$

für welche die Verhältnisse $h:h'$ von einander verschieden sind, weil sie verschiedene Werthe haben, auch verschiedene Gattungen repraesentiren. Es giebt daher genau $n\prod\left(1+\frac{1}{p}\right)$ verschiedene, den verschiedenen Verhältnisswerthen $h:h'$ entsprechende conjugirte, durch die symmetrischen Functionen der

$$n\prod\left(1-\frac{1}{p}\right) \text{ Grössen } \sqrt{x}\ \mathrm{sinam}\ \frac{4hrK+2h'rK'i}{n} \qquad (r=r_1,r_2,\ldots)$$

repraesentirte Gattungen algebraischer dem Bereiche (ρ) entstammender Grössen von der Ordnung $n\prod\left(1+\frac{1}{p}\right)$, und jede einzelne dieser Gattungen ist unter derjenigen Gattung der Ordnung $n^2\prod\left(1-\frac{1}{p^2}\right)$ enthalten, welche durch die bezügliche Grösse $\sqrt{x}\,\mathrm{sinam}\,\frac{4hK+2h'K'i}{n}$ repraesentirt wird.

§. 10.

Es sei nunmehr n Potenz einer Primzahl p. Alsdann ist gemäss §. 5:

$$\prod_{h,h'}\sqrt{x}\ \mathrm{sinam}\ \frac{4hK+2h'K'i}{n}=\pm p,$$

[1] Wenn man jeder einzelnen der Grössen $\sqrt{x}\,\mathrm{sinam}\,\frac{4hrK+2h'rK'i}{n}$ das Index-System zuertheilt, durch welches die Zahl r für den Modul n charakterisirt werden kann, so gehören die — im Sinne dieses Index-Systems — cyklischen Functionen jener Grössen demselben Gattungsbereiche an wie die symmetrischen.

wenn die Multiplication nur auf alle diejenigen Werthe $h, h' = 0, 1, \ldots n-1$ erstreckt wird, bei denen nicht beide Zahlen h und h' durch p theilbar sind. Nach den Entwickelungen, welche ich in meiner Festschrift zu Hrn. Kummer's Doctorjubiläum gegeben habe,

sind also die sämmtlichen Grössen $\sqrt{x} \operatorname{sin am} \frac{4hK + 2h'K'i}{n}$ »algebraische Divisoren von p« und zwar Primdivisoren in der durch sie selber repraesentirten Gattung,

weil eben ihre »Norm« eine Primzahl ist. Je $n\left(1 - \frac{1}{p}\right)$ dieser Primdivisoren:

$$\sqrt{x} \operatorname{sin am} \frac{4hrK + 2h'rK'i}{n} \qquad (r = r_1, r_2, \ldots),$$

wo $r_1, r_2 \ldots$ alle nicht durch p theilbaren Zahlen bedeuten, die kleiner als n sind, gehören einer und derselben Gattung an, und alle diese sind — wie im §. 5 nachgewiesen worden ist — durch einander theilbar. Ferner wird gemäss §. 9 durch die symmetrischen Functionen jener $n\left(1 - \frac{1}{p}\right)$ Grössen eine Gattung repraesentirt, zu welcher das Product:

$$\prod_r \sqrt{x} \operatorname{sin am} \frac{4hrK + 2h'rK'i}{n} \qquad (r = r_1, r_2, \ldots)$$

gehört, und dieses Product, welches mit $p_{h,h'}$ bezeichnet werden möge, ist selbst in der durch dasselbe repräsentirten Gattung ein Primdivisor der Primzahl p. Nach §. 15 meiner citirten Festschrift ist also

$p_{h,h'}$ absolut aequivalent einer Potenz von $\sqrt{x} \operatorname{sin am} \frac{4hK + 2h'K'i}{n}$ mit dem Exponenten $n\left(1 - \frac{1}{p}\right)$,

und hieraus geht wiederum der Hauptsatz hervor,

dass jede ganze Grösse des Gattungsbereichs $(\rho, p_{h,h'})$, welche durch $\sqrt{x} \operatorname{sin am} \frac{4hK + 2h'K'i}{n}$ theilbar ist, auch durch $p_{h,h'}$ selbst theilbar sein muss.

Denn eine solche Grösse muss der Voraussetzung nach, wenn sie zur Potenz $n\left(1 - \frac{1}{p}\right)$ erhoben wird, dieselbe Potenz von $\sqrt{x} \operatorname{sin am} \frac{4hK + 2h'K'i}{n}$ und also die hiermit absolut aequivalente Grösse $p_{h,h'}$ als Theiler enthalten. Da aber $p_{h,h'}$ Primdivisor ist, so muss $p_{h,h'}$ nicht nur in der $n\left(1 - \frac{1}{p}\right)$ten Potenz jener Grösse, sondern in der Grösse selbst als Theiler enthalten sein.

§. 11.

Je zwei Grössen $\sqrt{x}\sin\operatorname{am}\frac{4hK+2h'K'i}{n}$ oder $\operatorname{El}\left(\frac{2h+h'w}{n}\right)$, welche verschiedenen Gattungen angehören, sind einander nicht aequivalent und haben also, da sie Primdivisoren sind, auch keinen gemeinschaftlichen Theiler.

Gemäss der Formel (25) im §. 5 besteht nämlich für jede ungrade Zahl m die Gleichung:

$$(25^*)\qquad \operatorname{El}\left(m\cdot\frac{h+h'w}{n}\right)=(-1)^{\frac{1}{2}(n-1)}\prod_{g,g'}\operatorname{El}\left(\frac{g+g'w}{m}+\frac{h+h'w}{n}\right);\quad (g,g'=0,1,\ldots n-1)$$

da nun das Product auf der rechten Seite lauter ganze algebraische dem Bereiche (ρ) entstammende Grössen als Factoren enthält und unter diesen auch den Factor $\operatorname{El}\left(\frac{h+h'w}{n}\right)$, so findet die Congruenz:

$$(51)\qquad \operatorname{El}\left(m\cdot\frac{h+h'w}{n}\right)\equiv 0\left(\operatorname{mod.}\operatorname{El}\left(\frac{h+h'w}{n}\right)\right)$$

statt, welche für alle Zahlen m Geltung behält, weil ja darin, wenn m grade ist, $m+n$ statt m gesetzt werden kann. Da ferner auf Grund des Additionstheorems:

$$(1-\operatorname{El}^2(\xi)\operatorname{El}^2(\eta))\operatorname{El}(\xi+\eta)=\operatorname{El}(\xi)\sqrt{1-\rho\operatorname{El}^2(\eta)+\operatorname{El}^4(\eta)}+\operatorname{El}(\eta)\sqrt{1-\rho\operatorname{El}^2(\xi)+\operatorname{El}^4(\xi)}$$

die Congruenz:

$$\operatorname{El}(\xi+\eta)\equiv 0\left(\operatorname{modd.}\operatorname{El}(\xi),\operatorname{El}(\eta)\right)$$

besteht, wenn:

$$\xi=l\frac{a+a'w}{n},\ \eta=m\frac{b+b'w}{n}$$

genommen wird, so folgt aus der Congruenz (51) die allgemeinere:

$$(52)\quad \operatorname{El}\left(\frac{la+mb+(la'+mb')w}{n}\right)\equiv 0\left(\operatorname{modd.}\operatorname{El}\left(\frac{a+a'w}{n}\right),\operatorname{El}\left(\frac{b+b'w}{n}\right)\right),$$

in welcher a, a', b, b', l, m beliebige ganze Zahlen bedeuten. Nimmt man nun für irgend zwei gegebene Zahlen h, h':

$$l=hb'-h'b,\ m=-ha'+h'a,$$

so geht die Congruenz (52) in die folgende über:

$$(53)\quad \operatorname{El}\left((ab'-a'b)\frac{h+h'w}{n}\right)\equiv 0\left(\operatorname{modd.}\operatorname{El}\left(\frac{a+a'w}{n}\right),\operatorname{El}\left(\frac{b+b'w}{n}\right)\right),$$

welche für beliebige ganze Zahlen a, a', b, b', h, h' Geltung hat.

Hätten nun irgend zwei Grössen: $\mathrm{El}\left(\frac{a+a'w}{n}\right)$, $\mathrm{El}\left(\frac{b+b'w}{n}\right)$, welche verschiedenen Gattungen angehören und für welche also $ab'-a'b$ nicht durch n theilbar ist, einen gemeinschaftlichen Divisor, so wären gemäss der Congruenz (53) alle Grössen:

$$\mathrm{El}\left((ab'-a'b)\frac{h+h'w}{n}\right) \qquad (h, h'=0, 1, \ldots n-1)$$

durch eben denselben Divisor theilbar. Unter diesen kommen die Grössen:

$$\mathrm{El}\left(\frac{r+r'w}{p}\right) \qquad (r, r'=0, 1, \ldots p-1)$$

sämmtlich vor; denn für jedes beliebige Werthsystem r, r' lassen sich Zahlen h, h' so bestimmen, dass:

$$h(ab'-a'b) \equiv r\frac{n}{p}, \quad h'(ab'-a'b) \equiv r'\frac{n}{p} \pmod{n}$$

wird, weil $ab'-a'b$ nicht durch n selbst sondern nur durch eine niedrigere Potenz von p theilbar sein und also nur einen Divisor von $\frac{n}{p}$ mit n gemein haben kann.

Wenn daher $\mathrm{El}\left(\frac{a+a'w}{n}\right)$ und $\mathrm{El}\left(\frac{b+b'w}{n}\right)$ einen gemeinsamen Theiler hätten, so würden alle p^2-1 Grössen:

$$\mathrm{El}\left(\frac{r+r'w}{p}\right) \qquad (r, r'=0, 1, \ldots p-1 \text{ ausser } r=r'=0)$$

denselben Theiler haben, und da sie alle Primdivisoren der durch sie selbst repraesentirten Gattungen sind, so müssten sie sämmtlich einander aequivalent sein. Dass dies aber nicht der Fall ist, soll in den folgenden Paragraphen gezeigt werden, in welchen auf die Eigenschaften der Grössen $\mathrm{El}\left(\frac{r+r'w}{p}\right)$ oder der Grössen:

$$\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\,\frac{4hK+2h'K'i}{n}$$

für den Fall, wo n Primzahl ist, näher eingegangen werden soll.

§. 12.

Ist n eine ungrade Primzahl, so gehört die Gleichung (5) des §. 2:

$$(5^0) \qquad \Phi_n(x) = (-1)^{\frac{1}{2}(n-1)} x^{n^2}\Phi_n\left(\frac{1}{x}\right)\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\,nu,$$

welche durch die n^2 Werthe:

$$x = \sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am}\left(u + \frac{4hK + 2h'K'i}{n}\right) \qquad (h, h' = 0, 1, \ldots n-1)$$

befriedigt wird, zu derjenigen Classe von Gleichungen, deren Eigenschaften ich im III. Abschnitt meines Aufsatzes vom 3. März 1879[1] näher dargelegt habe.

Gemäss den dortigen Entwickelungen gehören alle n^2 Grössen:

$$\sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am}\left(u + \frac{4hK + 2h'K'i}{n}\right) \qquad (h, h' = 0, 1, \ldots n-1)$$

dem Gattungsbereiche:

$$\left(\rho\,.\ \sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am} u\,,\ \sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am}\left(u + \frac{2K}{n}\right),\ \sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am}\left(u + \frac{2K'i}{n}\right)\right)$$

an,[2] und innerhalb des Gattungsbereichs $(\rho\,.\ \sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am} u)$ reducirt sich die Gleichung (5°), nach Aussonderung der Wurzel $\sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am} u$, auf eine Gleichung des Grades $(n^2 - 1)$ und derjenigen Classe, zu welcher die Gleichung $\frac{1}{x}\,\Phi_n(x) = 0$ gehört.

Diese Gleichung selbst ist im vorliegenden Falle, wo n Primzahl ist, irreductibel im Rationalitätsbereiche (ρ); denn die im §. 2 definirte Function $F_n(x)$, welche den primitiven Factor von $\Phi_n(x)$ bildet, und deren Irreductibilität im §. 3 nachgewiesen ist, wird für eine Primzahl n gleich $\frac{1}{x}\,\Phi_n(x)$. Es ist also in diesem Falle:

$$F_n(x) = \prod_{h,h'}\left(x - \sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am}\frac{4hK + 2h'K'i}{n}\right) \qquad (h, h' = 0, 1, \ldots n-1 \text{ ausser } h = h' = 0),$$

und die $n^2 - 1$ Wurzeln der Gleichung $F_n(x) = 0$ zerfallen nach §. 9 in $n + 1$, aus je $n - 1$ Elementen bestehenden Gruppen gemäss den $n + 1$ verschiedenen Gattungen, denen die $n^2 - 1$ Wurzeln angehören. Diese $n + 1$ Gruppen lassen sich in folgender Weise charakterisiren:

$$\sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am}\frac{4rK}{n}\,,\quad \sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am}\frac{4hrK + 2rK'i}{n} \qquad (h = 0, 1, \ldots n-1),$$

und die einzelnen $n - 1$ Elemente jeder dieser $n + 1$ Gruppen resultiren durch die Werthe $r = 1, 2, \ldots n - 1$.

---

[1] Monatsbericht vom März 1879 S. 220 u. ff.

[2] Vergl. oben den Schluss des §. 6, wo ein umfassenderer Gattungsbereich:

$$\left(\rho,\ \sin'\operatorname{am} u,\ \sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am} u,\ \sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am}\frac{2K}{n},\ \sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am}\frac{2K'i}{n}\right)$$

dafür angegeben ist.

Die $n-1$ Grössen:

$$\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4rK}{n} \qquad (r=1,2,\ldots n-1)$$

gehören sämmtlich zur Gattung $\left(\rho, \sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{2K}{n}\right)$, deren Ordnung n^2-1 ist; ihre symmetrischen Functionen constituiren eine unter dieser Gattung enthaltene Gattung von der Ordnung $n+1$. Nun besteht nach den Entwickelungen im art. 23 von Jacobi's Fundamenta die Transformationsgleichung:

$$(54)\qquad (-1)^{\frac{1}{2}(n-1)}\sqrt{\lambda}\sin\operatorname{am}(\mu u, \lambda) = x\prod_r \frac{x-\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4rK}{n}}{1-x\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4rK}{n}}$$

$$(r=1,2,\ldots n-1)$$

für:

$$x=\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am} u,$$

wenn λ, wie dort, den transformirten Modul, aber μ den reciproken Werth der dort mit M bezeichneten Grösse bedeutet. Es sind also auch die Coefficienten dieser Transformationsgleichung, welche jene Gattung von der Ordnung $n+1$ constituiren.

Jede dieser Gattung angehörige Grösse, d. h. jede Grösse, die sich als ganze symmetrische Function der $n-1$ Grössen:

$$\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4rK}{n} \qquad (r=1,2,\ldots n-1)$$

so darstellen lässt, dass die Coefficienten rationale Functionen von ρ mit ganzzahligen Coefficienten sind, kann offenbar als rationale Function des Ausdrucks auf der rechten Seite der Gleichung (54) so dargestellt werden, dass die Coefficienten rationale Functionen von ρ und x mit ganzzahligen Coefficienten sind. Jener Gattungsbereich kann daher durch die Elemente:

$$\rho,\ \sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}(u,\varkappa),\ \sqrt{\lambda}\sin\operatorname{am}(\mu u,\lambda)$$

charakterisirt werden, da eben jede Grösse jenes Gattungsbereichs als rationale Function dieser drei Grössen mit ganzzahligen Coefficienten darstellbar ist. Aber derselbe Gattungsbereich kann auch durch das Product:

$$\prod_r\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4rK}{n} \qquad (r=1,2,\ldots n-1)$$

charakterisirt werden, welches nach art. 23 von Jacobi's Fundamenta den Werth $\mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}}$ hat.

Die Gattung:

$$\left(\rho,\ \mu\sqrt{\frac{\lambda}{x}}\right)$$

ist es daher, welche von der Ordnung $n+1$ und unter der Gattung $\left(\rho,\ \sqrt{x}\sin\operatorname{am}\frac{2K}{n}\right)$ enthalten ist. Zum Gattungsbereich $\left(\rho,\ \mu\sqrt{\frac{\lambda}{x}}\right)$ gehören demgemäss die symmetrischen Functionen der $(n-1)$ Grössen:

$$\sqrt{x}\sin\operatorname{am}\frac{4rK}{n} \qquad (r=1,2,\ldots n-1)$$

und auch die cyklischen Functionen derselben, wenn sie dabei in der Reihenfolge:

$$\sqrt{x}\sin\operatorname{am}\frac{4gK}{n},\ \sqrt{x}\sin\operatorname{am}\frac{4g^2K}{n},\ \sqrt{x}\sin\operatorname{am}\frac{4g^3K}{n},\ \ldots\ \sqrt{x}\sin\operatorname{am}\frac{4g^{n-1}K}{n}$$

genommen werden und g eine primitive Congruenzwurzel der Primzahl n bedeutet. Diese $n-1$ Grössen sind also Wurzeln einer Abelschen Gleichung des Bereichs $\left(\rho,\ \mu\sqrt{\frac{\lambda}{x}}\right)$.

Die n mit $\left(\rho,\ \mu\sqrt{\frac{\lambda}{x}}\right)$ conjugirten Gattungen sind:

$$\left(\rho,\ \mu_h\sqrt{\frac{\lambda_h}{x}}\right) \qquad (h=0,1,\ldots n-1),$$

wo für jeden der n Werthe des Index h:

$$\mu_h\sqrt{\frac{\lambda_h}{x}}=\prod_r\sqrt{x}\sin\operatorname{am}\frac{4hrK+2rK'i}{n} \qquad (r=1,2,\ldots n-1)$$

ist. Die transformirten Moduln λ und die Multiplicatoren μ sind hiernach durch die Relationen[1] bestimmt:

$$(55)\qquad \sqrt{\frac{\lambda}{x}}=\prod_r\sqrt{x}\sin\operatorname{coam}\frac{4rK}{n},\quad \sqrt{\frac{\lambda_h}{x}}=\prod_r\sqrt{x}\sin\operatorname{coam}\frac{4hrK+2rK'i}{n},$$

$$(56)\qquad \mu=\prod_r\frac{\sqrt{x}\sin\operatorname{am}\frac{4rK}{n}}{\sqrt{x}\sin\operatorname{coam}\frac{4rK}{n}},\quad \mu_h=\prod_r\frac{\sqrt{x}\sin\operatorname{am}\frac{4hrK+2rK'i}{n}}{\sqrt{x}\sin\operatorname{coam}\frac{4hrK+2rK'i}{n}},$$

$$(h=0;1,2,\ldots n-1;\ r=1,2,\ldots n-1)$$

und ebenso durch folgende Gleichungen:[2]

---

[1] Vergl. art. 23 von JACOBI's Fundamenta.

[2] Vergl. meinen Aufsatz im Monatsbericht vom Juli 1875, S. 498 ff.

(57) $$\sqrt{\lambda} = \mathrm{El}(\tfrac{1}{4}, nw), \qquad \sqrt{\lambda_h} = \mathrm{El}\left(\tfrac{1}{4}, \frac{h+w}{n}\right),$$

(58) $$\sqrt{\mu} = \sqrt{\pm n}\,\frac{\vartheta_3(0, 2nw)}{\vartheta_3(0, 2w)}, \quad \sqrt{\mu_h} = \frac{\vartheta_3\left(0, 2\frac{h+w}{n}\right)}{\vartheta_3(0, 2w)},$$

während, wie oben im §. 4, $\sqrt{x} = \mathrm{El}(\frac{1}{4}, w)$ ist.

Da nach §. 6 die Grössen $\sqrt{x} \sin\mathrm{coam}\frac{4hK + 2h'K'i}{n}$ sämmtlich ganze algebraische, dem Bereiche (ρ) entstammende Einheiten sind, und da auch x selbst eine solche Einheit ist, so sind gemäss den Gleichungen (55) auch die transformirten Moduln λ solche Einheiten.[1] Überdies besteht für die Transformation zweiter Ordnung die Gleichung:

(59) $$\mathrm{El}^2(\tfrac{1}{4}, w)\,(1 + \mathrm{El}^2(\tfrac{1}{4}, 2w)) = 2\mathrm{El}(\tfrac{1}{4}, 2w),$$

welche zeigt, dass auch $\mathrm{El}(\frac{1}{4}, 2w)$ eine Einheit ist, wenn $\mathrm{El}(\frac{1}{4}, w)$ eine solche ist. Da nun $\mathrm{El}(\frac{1}{4}, nw)$ für jede ungrade Zahl n eine Einheit ist, so ist überhaupt $\mathrm{El}(\frac{1}{4}, mw)$, für jede beliebige ganze Zahl m, eine ganze algebraische dem Bereiche (ρ) entstammende Einheit. Dieses Resultat kann, da nach §. 4:

$$\rho = -2 + 4\,\mathrm{El}^4(\tfrac{1}{4}(1+w), \tfrac{1}{2}w)$$

ist, auch so formulirt werden:

Für jede beliebige ganze Zahl m ist $\mathrm{El}(\frac{1}{4}, 2mw)$ Wurzel einer algebraischen Gleichung, in welcher die Coefficienten ganze ganzzahlige Functionen des reciproken Werthes von:

$$\sin\frac{\pi}{4}\,\mathrm{El}(\tfrac{1}{4}, w)$$

sind, während der erste und letzte Coefficient den absoluten Werth Eins hat.

Dasselbe Resultat ist aber bei Anwendung der Jacobi'schen Bezeichnungen[2] folgendermaassen auszudrücken:

Jeder Modul λ, welcher durch eine sogenannte reelle Transformation aus einem Modul x hervorgeht, d. h. also ein solcher Modul λ, für welchen das Periodenverhältniss $\frac{\Lambda'}{\Lambda}$ ein ganzes Vielfaches des zu x gehörigen Periodenverhältnisses $\frac{K'}{K}$ wird, ist Wurzel einer Gleichung, in welcher die

[1] Dies zeigt sich übrigens auch in der Form der Modulargleichungen, wie sie in der Sohnke'schen Abhandlung im 16. Bande des Crelle'schen Journals ermittelt ist.
[2] Vergl. §. 25 von Jacobi's Fundamenta.

Coefficienten sämmtlich ganze ganzzahlige Functionen von $x + \frac{1}{x}$ sind, während der erste und letzte Coefficient den absoluten Werth Eins hat.

Es genügt, das angegebene Resultat in Beziehung auf die »reelle« Transformation auszusprechen; dass es auch für die, bei Festhaltung des Rationalitätsbereichs $\left(x + \frac{1}{x}\right)$ mit λ conjugirten Moduln Geltung behält, ist an sich klar.

§. 13.

Nach §. 6 sind die $\frac{1}{2}(n^2-1)$ Grössen:

$$\sqrt{x}\,\sin\operatorname{coam}\frac{4hK + 2h'K'i}{n}\quad\left(\begin{matrix}h = 0, 1, \ldots n-1;\ h' = 1, 2, \ldots \frac{1}{2}(n-1)\\ \text{und } h' = 0,\ h = 1, 2, \ldots \frac{1}{2}(n-1)\end{matrix}\right)$$

Wurzeln einer Gleichung $\Psi(x, \sqrt{x}) = 0$, deren Coefficienten ganze Grössen des Gattungsbereichs:

$$(\rho, \sqrt{x}) \text{ oder } \left(\rho, \sqrt{\frac{\rho + \sqrt{\rho^2 - 4}}{2}}\right)$$

sind. Bedeutet nun, wie oben, g eine primitive Congruenzwurzel der Primzahl n und bildet man eine ganze rationale cyklische Function der $\frac{1}{2}(n-1)$ Grössen:

$$\sqrt{x}\,\sin\operatorname{coam}\frac{4gK}{n},\ \sqrt{x}\,\sin\operatorname{coam}\frac{4g^2K}{n}, \ldots \sqrt{x}\,\sin\operatorname{coam}\frac{4g^{\frac{1}{2}(n-1)}K}{n},$$

in der hiermit bezeichneten Reihenfolge, so ist dieselbe eine rationale Function von $\sqrt{x}\,\sin\operatorname{coam}\frac{2K}{n}$ und ρ. Denn in der Multiplicationsformel (4) wird, wenn man $u = K + v$ setzt:

$$\sqrt{x}\,\sin\operatorname{am} nu = \sqrt{x}\,\sin\operatorname{coam} nv\,,\quad x = \sqrt{x}\,\sin\operatorname{am} u = \sqrt{x}\,\sin\operatorname{coam} v\,,$$

und es zeigt sich also, dass $\sqrt{x}\,\sin\operatorname{coam}\frac{4g^rK}{n}$ sich als rationale Function von:

$$\sqrt{x}\,\sin\operatorname{coam}\frac{4K}{n} \text{ und } \rho$$

darstellen lässt, wenn man für die primitive Congruenzwurzel g eine ungrade Zahl wählt.

Bezeichnet man hiernach eine ganze ganzzahlige cyklische Function der $\frac{1}{2}(n-1)$ Grössen:

$$\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{coam}\frac{4gK}{n},\ \sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{coam}\frac{4g^2K}{n},\ldots\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{coam}\frac{4g^{\frac{1}{2}(n-1)}K}{n}$$

mit $f\left(\sin\operatorname{coam}\frac{4K}{n}\right)$, so ist das Product:

$$\prod_{h,h'}\left(z-f\left(\sin\operatorname{coam}\frac{4hK+2h'K'i}{n}\right)\right),$$

$$\left(h=0,1,\ldots n-1;\ h'=1,2,\ldots\tfrac{1}{2}(n-1)\ \text{und}\ h'=0,\ h=1,2,\ldots\tfrac{1}{2}(n-1)\right)$$

weil es eine symmetrische Function der Wurzeln der Gleichung $\Psi(x,\sqrt{\varkappa})=0$ ist, eine Grösse des Rationalitätsbereichs $(\sqrt{\varkappa}, z)$. Je $\frac{1}{2}(n-1)$ der Factoren dieses Products, bei welchen das Verhältniss $h:h'$ *modulo* n denselben Werth hat, sind aber identisch, da offenbar:

$$f\left(\sin\operatorname{coam}\frac{4hK+2h'K'i}{n}\right)=f\left(\sin\operatorname{coam}\frac{4ghK+2gh'K'i}{n}\right)$$

ist. Es ist also schon das Product von $n+1$ Factoren:

$$\left(z-f\left(\sin\operatorname{coam}\frac{4K}{n}\right)\right)\prod_{h}\left(z-f\left(\sin\operatorname{coam}\frac{4hK+2K'i}{n}\right)\right)$$

$$(h=0,1,\ldots n-1)$$

eine rationale Function von $\sqrt{\varkappa}$ und z: die Coefficienten der verschiedenen Potenzen von z sind aber zugleich ganze algebraische dem Bereich (ρ) entstammende Grössen, und sie sind deshalb ganze Grössen des Bereichs $(\rho, \sqrt{\varkappa})$ selbst. Jede ganze rationale cyklische Function der $\frac{1}{2}(n-1)$ Grössen:

$$\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{coam}\frac{4g^tK}{n}\qquad\left(t=1,2,\ldots\tfrac{1}{2}(n-1)\right)$$

mit ganzzahligen Coefficienten ist hiernach Wurzel einer Gleichung $(n+1)$ten Grades, in welcher der Coefficient der höchsten Potenz gleich Eins ist, während die übrigen Coefficienten sämmtlich ganze ganzzahlige Functionen von ρ und $\sqrt{\varkappa}$ sind.

Gemäss der Gleichung (55) im §. 12 wird:

$$\left(\frac{\lambda}{\varkappa}\right)^{\frac{1}{4}}=\prod_t\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{coam}\frac{4g^tK}{n}\qquad\left(t=1,2,\ldots\tfrac{1}{2}(n-1)\right);$$

die obigen Entwickelungen zeigen daher, dass $\left(\frac{\lambda}{\varkappa}\right)^{\frac{1}{4}}$ Wurzel einer

Gleichung $(n+1)$ten Grades ist, in welcher, wenn der Coefficient der höchsten Potenz gleich Eins genommen wird, alle anderen Coefficienten ganze ganzzahlige Functionen von ρ und $\sqrt{x}$ sind. Demgemäss ist $\left(\frac{\lambda}{x}\right)^{\frac{1}{4}}$ in dem Gattungsbereich $(\rho, \sqrt{x})$ eine ganze algebraische Grösse der $(n+1)$ten Ordnung.

Die Coefficienten der Gleichung $(n+1)$ten Grades, welcher das Quadrat von $\left(\frac{\lambda}{x}\right)^{\frac{1}{4}}$, also $\sqrt{\frac{\lambda}{x}}$, genügt, sind rationale Functionen von ρ und x. Dieses geht schon aus den Entwickelungen im §. 6 hervor, wonach $\sqrt{\frac{\lambda}{x}}$, wenn zur Abkürzung $\sqrt{x}\,\sin\mathrm{am}\frac{4g'K'}{n} = s_t$ gesetzt wird, gleich dem Producte:

$$\prod_t \frac{x - s_t^2}{1 - x s_t^2} \qquad (t = 1, 2, \ldots \tfrac{1}{2}(n-1)),$$

also eine rationale Function von x, s_1, s_2, ... und zwar in Beziehung auf die Grössen s cyklisch ist. Gemäss §. 12 ist daher $\sqrt{\frac{\lambda}{x}}$ rationale Function einer Grösse der Gattung $\left(\rho, \mu\sqrt{\frac{\lambda}{x}}\right)$, deren Coefficienten rationale Functionen von x sind. Die Grösse $\sqrt{\frac{\lambda}{x}}$ selbst gehört hiernach dem Gattungsbereiche $\left(\rho, x, \mu\sqrt{\frac{\lambda}{x}}\right)$ an und sogar der Gattung selbst, da sonst zwei conjugirte Grössen $\sqrt{\frac{\lambda}{x}}$, also zwei der Grössen:

$$\mathrm{El}\left(\frac{1}{4}, nw\right), \; \mathrm{El}\left(\frac{1}{4}, \frac{w}{n}\right), \; \mathrm{El}\left(\frac{1}{4}, \frac{w+1}{n}\right), \ldots \mathrm{El}\left(\frac{1}{4}, \frac{w+n-1}{n}\right)$$

einander gleich sein müssten. Dies tritt aber nur für bestimmte singuläre Werthe von w ein.

Da $\mu\sqrt{\frac{\lambda}{x}}$ und $\sqrt{\frac{\lambda}{x}}$ innerhalb des Bereichs (ρ, x) einer und derselben Gattung angehören, so gehört auch μ derselben Gattung an. Die Grössen μ und $\sqrt{\frac{\lambda}{x}}$ sind also gegenseitig durch einander rational ausdrückbar, und zwar so, dass die Coefficienten rationale Functionen von ρ und x d. h. also rationale Functionen von x selbst

werden. Der im §. 12 mit $\left(\rho, \mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}}\right)$ bezeichnete Gattungsbereich kann hiernach auch durch:

$$(\rho, \varkappa, \mu) \text{ oder } \left(\rho, \varkappa, \sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}}\right)$$

bezeichnet werden.[1]

§. 14.

Gemäss den Entwickelungen im §. 10 wird in dem hier behandelten Falle, wo n Primzahl ist, das Product der sämmtlichen Grössen:

$$\sqrt{\varkappa}\,\text{sinam}\,\frac{4hK + 2h'K'i}{n} \qquad (h, h' = 0, 1, \ldots n-1 \text{ ausser } h = h' = 0)$$

genau gleich n, und diese Grössen selbst sind daher die $n^2 - 1$ conjugirten algebraischen Primtheiler, als deren Product sich die Primzahl n im Gattungsbereich $\left(\rho, \sqrt{\varkappa}\,\text{sinam}\,\frac{2K}{n}, \sqrt{\varkappa}\,\text{sinam}\,\frac{2K'i}{n}\right)$ darstellen lässt. Bei Anwendung der Bezeichnungen, welche ich in meiner mehrfach citirten Festschrift eingeführt habe, ist also die Norm von $\sqrt{\varkappa}\,\text{sinam}\,\frac{4K}{n}$ gleich n, d. h. es ist:

$$\text{Nm}\sqrt{\varkappa}\,\text{sinam}\,\frac{4K}{n} = n,$$

wenn, wie hier stets geschehen ist, der Rationalitätsbereich (ρ) als Stammbereich festgehalten wird. Jede der Grössen:

$$\sqrt{\varkappa}\,\text{sinam}\,\frac{4hK + 2h'K'i}{n}$$

ist innerhalb des durch sie selber repraesentirten Gattungsbereichs ein algebraischer Primtheiler von n, und je $n-1$ dieser Grössen, bei denen das Verhältniss $h : h'$ einen und denselben von den $n+1$ Werthen:

$$h : h' = 1:0,\ 0:1,\ 1:1, \ldots n-1:1$$

hat, gehören einer und derselben Gattung an. Die $n-1$ einer und derselben Gattung angehörigen conjugirten Primtheiler sind einander

[1] Bei der Bezeichnung der Bereiche $(\rho, \varkappa)$, $(\rho, \varkappa, \mu)$ ist die Grösse ρ nur deshalb hinzugenommen worden, weil sie für die Feststellung des Integritätsbereichs wesentlich ist. Sobald es nur auf den Rationalitätsbereich ankommt, kann sie offenbar weggelassen werden, da ρ gleich $\varkappa + \frac{1}{\varkappa}$ also rational in $\varkappa$ ist.

absolut aequivalent. Da nun die $n+1$ Producte der je $n-1$ conjugirten Primtheiler nach §. 12 die Werthe:

$$\mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}},\ \mu_0\sqrt{\frac{\lambda_0}{\varkappa}},\ \mu_1\sqrt{\frac{\lambda_1}{\varkappa}},\ \ldots\ \mu_{n-1}\sqrt{\frac{\lambda_{n-1}}{\varkappa}}$$

haben, so bestehen die absoluten Aequivalenzen:

$$(60)\quad \mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}} \sim \left(\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4K}{n}\right)^{n-1},\quad \mu_h\sqrt{\frac{\lambda_h}{\varkappa}} \sim \left(\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4hK+2K'i}{n}\right)^{n-1}.$$
$$(h=0,1,\ldots n-1)$$

Da ferner im §. 12 gezeigt ist, dass $\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}}$, $\sqrt{\frac{\lambda_h}{\varkappa}}$ algebraische Einheiten sind, so gelten auch die Aequivalenzen:

$$(60^*)\quad \mu \sim \left(\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4K}{n}\right)^{n-1},\quad \mu_h \sim \left(\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4hK+2K'i}{n}\right)^{n-1}.$$
$$(h=0,1,\ldots n-1)$$

Die $n+1$ Grössen:

$$\mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}},\ \mu_0\sqrt{\frac{\lambda_0}{\varkappa}},\ \mu_1\sqrt{\frac{\lambda_1}{\varkappa}},\ \ldots\ \mu_{n-1}\sqrt{\frac{\lambda_{n-1}}{\varkappa}}$$

gehören $n+1$ conjugirten Gattungen an, welche dem Rationalitätsbereiche (ρ) entstammen, und wenn man vom Rationalitätsbereiche $(\varkappa)$ ausgeht, so repraesentiren die $n+1$ Multiplicatoren selbst:

$$\mu,\ \mu_0,\ \mu_1,\ \ldots\ \mu_{n-1}$$

ebenfalls $n+1$ conjugirte Gattungen. Da für den angegebenen Rationalitätsbereich:

$$(61)\qquad \operatorname{Nm}\mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}} = n,\quad \operatorname{Nm}\mu = n$$

ist, so ist $\mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}}$ ein algebraischer Primtheiler von n in dem durch $\mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}}$ repraesentirten, dem Bereiche (ρ) entstammenden Gattungsbereiche, und ebenso ist der Multiplicator μ selbst ein algebraischer Primtheiler von n in dem durch μ selbst repraesentirten Gattungsbereiche.

Aus den Aequivalenzen (60^*) folgt genau in derselben Weise, wie es am Schlusse des §. 10 für den allgemeineren Fall einer Primzahlpotenz n dargelegt worden ist,

(62) dass jede ganze Grösse des Gattungsbereichs $\left(\rho,\mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}}\right)$, welche durch $\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{2K}{n}$ theilbar ist, auch durch μ selbst theilbar sein muss.

Doch soll dieses Hauptresultat hier noch besonders und unabhängig von der allgemeinen Theorie der Primdivisoren hergeleitet werden.

Bedeutet μ^0 irgend eine durch $\sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am}\frac{2K}{n}$ theilbare ganze Grösse des Bereichs $\left(\rho, \mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}}\right)$, so besteht für eine unbestimmte Grösse z die Congruenz:

$$\mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}}\,z - \mu^0 \equiv 0 \quad \left(\operatorname{mod.} \sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am}\frac{2K}{n}\right).$$

Erhebt man den Ausdruck auf der linken Seite zur $(n-1)$ten Potenz und benutzt die Aequivalenzen (60*), so resultirt die Congruenz:

$$\left(\mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}}\,z - \mu^0\right)^{n-1} \equiv 0 \quad (\operatorname{mod.} \mu),$$

aus welcher wiederum bei Anwendung der Gleichungen (61) die Congruenz:

$$\operatorname{Nm}\left(\mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}}\,z - \mu^0\right)^{n-1} \equiv 0 \quad (\operatorname{mod.} n)$$

hervorgeht. Da nun $\operatorname{Nm}\left(\mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}}\,z - \mu_0\right)$ eine ganze Grösse des natürlichen Rationalitätsbereichs (ρ) ist, deren $(n-1)$te Potenz — wie sich hier gezeigt hat — durch die Primzahl n theilbar ist, so muss diese Grösse selbst schon durch n theilbar sein, d. h. es muss die Congruenz:

$$\operatorname{Nm}\left(\mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}}\,z - \mu^0\right) \equiv 0 \ (\operatorname{mod.} n)$$

bestehen. Es muss also, da $\operatorname{Nm}\mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}} = n$ ist,

$$\operatorname{Nm}\left(z - \frac{\mu^0\sqrt{\varkappa}}{\mu\sqrt{\lambda}}\right)$$

eine ganze ganzzahlige Function von z und ρ sein, d. h. der Quotient: $\frac{\mu^0\sqrt{\varkappa}}{\mu\sqrt{\lambda}}$ muss eine ganze algebraische, dem Rationalitätsbereiche (ρ) entstammende Grösse sein. Da endlich $\sqrt{\lambda}$ und $\sqrt{\varkappa}$ algebraische Einheiten sind, so besteht in der That die Congruenz:

$$\mu^0 \equiv 0 \ (\operatorname{mod.} \mu),$$

deren Gültigkeit nachgewiesen werden sollte.

Die Coefficienten von $x, x^3, \ldots x^{n-2}$ in der Entwickelung des Products:

$$\prod_r \left(x - \sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\,\frac{2rK}{n}\right) \qquad (r = 0, 1, \ldots n-1)$$

sind sämmtlich Grössen des Gattungsbereichs $\left(\rho, \mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}}\right)$, und sie sind offenbar durch $\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\,\frac{2K}{n}$ theilbar. Nach dem, was so eben bewiesen worden, sind sie also auch sämmtlich durch die $(n-1)$te Potenz von $\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\,\frac{2K}{n}$ oder, was dasselbe ist, durch μ theilbar. Eben dieses Product bildet den Zähler auf der rechten Seite der Transformationsgleichung (54) des §. 12, welche so dargestellt werden kann:

$$(54^*) \qquad (-1)^{\frac{1}{2}(n-1)}\sqrt{\lambda}\,\sin\mathrm{am}\,(\mu u, \lambda) = \prod_r \frac{x - \sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\,\frac{2rK}{n}}{1 - x\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\,\frac{2rK}{n}};$$

$$(x = \sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\,(u, \varkappa);\; r = 0, 1, \ldots n-1)$$

das vorstehende Resultat kann daher in folgender Weise formulirt werden:

(63) Die gebrochene rationale Function von $\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}(u, \varkappa)$, durch welche die transformirte elliptische Function

$$(-1)^{\frac{1}{2}(n-1)}\sqrt{\lambda}\,\sin\mathrm{am}(\mu u, \lambda)$$

ausgedrückt wird, hat in ihrer reducirten Form als Zähler eine ganze Function von $\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}(u, \varkappa)$ vom Grade n und als Nenner eine solche vom Grade $n-1$. Die Coefficienten des Zählers und Nenners sind sämmtlich ganze algebraische Grössen des Gattungsbereichs $(\rho, \varkappa, \mu)$; der Coefficient der $n$ten Potenz von $\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}(u, \varkappa)$ im Zähler, sowie der von $\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}(u, \varkappa)$ unabhängige Term im Nenner, haben den absoluten Werth Eins; alle übrigen Coefficienten sind durch den Multiplicator μ theilbar, und der Coefficient von $\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}(u, \varkappa)$ im Zähler, sowie der damit identische Coefficient der $(n-1)$ten Potenz von $\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}(u, \varkappa)$ im Nenner, sind mit dem Multiplicator μ selbst absolut aequivalent.

Es besteht daher die für die Transformation der elliptischen Functionen fundamentale Congruenz:

$$(64) \qquad (-1)^{\frac{1}{2}(n-1)}\sqrt{\lambda}\,\sin\mathrm{am}(\mu u, \lambda) \equiv \left(\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}(u, \varkappa)\right)^n \pmod{\mu}$$

in dem Sinne,

dass die Differenz der auf beiden Seiten stehenden Grössen dividirt durch μ, nämlich:

$$\frac{1}{\mu}\left\{(-1)^{\frac{1}{2}(n-1)}\sqrt{\lambda}\sin\operatorname{am}(\mu u, \lambda) - \left(\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}(u, \varkappa)\right)^{n}\right\}$$

eine **ganze** algebraische dem Rationalitätsbereiche

$$\left(\sqrt{\lambda}\sin\operatorname{am}(\mu u, \lambda), \rho\right)$$

entstammende Grösse ist.

Die Gültigkeit der Congruenz (64) ist ebenso wie die Gültigkeit des vorher formulirten Resultats (63) nur an die Bedingung geknüpft, dass die Zahl n, welche die Ordnung der Transformation bezeichnet, eine ungrade Primzahl sei.

Eben diese Congruenz (64) bildet den Hauptzielpunkt der vorstehenden Entwickelungen; sie ist für die Theorie der Transformation der elliptischen Functionen, sowie für alle arithmetischen Anwendungen dieser Theorie von ebenso fundamentaler Bedeutung, wie es die analogen, schon aus den Euler'schen Entwickelungen hervorgehenden Congruenzen:[1]

$$(-1)^{\frac{1}{2}(n-1)}\sin nu \equiv (\sin u)^{n}, \quad (-1)^{\frac{1}{2}(n-1)}\operatorname{tg} nu \equiv (\operatorname{tg} u)^{n} \pmod{n}$$

für die Theorie der Multiplication der Kreisfunctionen und deren arithmetische Anwendungen sind.

Die Analogie zwischen diesen Congruenzen und jener Congruenz (64) tritt noch deutlicher hervor, wenn man die letztere in folgender Weise darstellt:

$$(65)\quad (-1)^{\frac{1}{2}(n-1)}\sqrt{\lambda}\sin\operatorname{am}(\mu u, \lambda) \equiv \left(\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}(u, \varkappa)\right)^{\mathrm{Nm}\,\mu} \pmod{\mu},$$

und wenn man dabei bemerkt, dass der Multiplicator des Arguments u, welcher hier ebenso wie bei den Kreisfunctionen zugleich den Modul der Congruenzen bildet, auch in beiden Fällen als Primtheiler seiner Gattung zu charakterisiren ist.

In der vollkommenen Analogie, welche die hier dargelegten Eigenschaften der Formeln für die Transformation der elliptischen Functionen mit denjenigen der Formeln für die Multiplication der Kreisfunctionen darbietet, bewährt sich offenbar die Jacobi'sche Bezeichnung der elliptischen Functionen. Auch zeigt sich, dass Jacobi mit Recht von vornherein bei seinen Untersuchungen über die elliptischen Functionen die Probleme der Multiplication und Transformation unter einen und den-

[1] Vergl. Cap. XIV in Euler's Introductio in analysin infinitorum.

selben Gesichtspunkt zusammenfasste,[1] und für den bewundernswürdigen Scharfblick, welchen JACOBI dabei bewies, giebt jene Congruenz:

$$(-1)^{\frac{1}{2}(n-1)}\sqrt{\lambda}\sin\mathrm{am}(\mu u, \lambda) \equiv \left(\sqrt{\varkappa}\sin\mathrm{am}(u, \varkappa)\right)^n \pmod{\mu}$$

ein neues, glänzendes Zeugniss.

Man kann nun, im Verfolg der leitenden Ideen von JACOBI, bei der Frage der Multiplication der elliptischen Functionen von dem Modul gänzlich absehen und es als eine »Multiplication der elliptischen Functionen« *im weiteren Sinne des Wortes* auffassen,

> wenn die elliptische Function sinam für das $\mathfrak{m}$fache eines beliebigen Arguments u rational durch $\sin\mathrm{am}\, u$ ausdrückbar ist, gleichviel ob $\sin\mathrm{am}\, \mathfrak{m}u$ denselben oder irgend einen anderen Modul hat als $\sin\mathrm{am}\, u$.

Es ist dann also nur erforderlich, dass für jeden beliebigen Modul $\varkappa$ Grössen $\mathfrak{k}, \mathfrak{m}$ existiren, für welche

$$\sqrt{\mathfrak{k}}\sin\mathrm{am}(\mathfrak{m}u, \mathfrak{k}) \text{ rational durch } \sqrt{\varkappa}\sin\mathrm{am}(u, \varkappa)$$

ausdrückbar ist. Setzt man:

$$u = 4K\zeta, \quad 2w = \frac{K'i}{K}, \quad 2\mathfrak{w} = \frac{\mathfrak{K}'i}{\mathfrak{K}},$$

wo $\mathfrak{K}$ und $\mathfrak{K}'$ die den Integralen K und K' analogen Grössen für den Modul $\mathfrak{k}$ bedeuten, und:

$$2K = \pi\left(\vartheta_3(0, 2w)\right)^2, \quad 2\mathfrak{K} = \pi\left(\vartheta_3(0, 2\mathfrak{w})\right)^2,$$

so muss nach §. 4 (21):

$$\mathrm{El}\left(\frac{\mathfrak{m}K\zeta}{\mathfrak{K}}, \mathfrak{w}\right) \text{ rational durch } \mathrm{El}(\zeta, w)$$

ausdrückbar sein; es müssen also, da $\mathrm{El}(\zeta+1, w) = \mathrm{El}(\zeta+w, w) = \mathrm{El}(\zeta, w)$[2] ist, die Gleichungen bestehen:

$$\mathrm{El}\left(\frac{\mathfrak{m}K(\zeta+1)}{\mathfrak{K}}, \mathfrak{w}\right) = \mathrm{El}\left(\frac{\mathfrak{m}K(\zeta+w)}{\mathfrak{K}}, \mathfrak{w}\right) = \mathrm{El}\left(\frac{\mathfrak{m}K\zeta}{\mathfrak{K}}, \mathfrak{w}\right),$$

und hieraus folgt endlich, dass ganze Zahlen $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ existiren müssen, wofür:

$$\frac{\mathfrak{m}Kw}{\mathfrak{K}} = \alpha\mathfrak{w} + \beta, \quad \frac{\mathfrak{m}K}{\mathfrak{K}} = \gamma\mathfrak{w} + \delta$$

wird. Alsdann ist:

$$w = \frac{\alpha\mathfrak{w} + \beta}{\gamma\mathfrak{w} + \delta}.$$

[1] JACOBI's Fundamenta §. 2.
[2] Vergl. die Formel (22*) im §. 4.

Von den beiden Moduln $\varkappa$ und $\mathfrak{k}$, deren Quadratwurzeln beziehungsweise gleich:

$$\mathrm{El}(\tfrac{1}{4}, w), \ \mathrm{El}(\tfrac{1}{4}, \mathfrak{w})$$

sind, ist hiernach einer der transformirte des anderen, und es ist also nur die sogenannte »Transformation« der elliptischen Functionen, welche eine

> Multiplication der elliptischen Functionen in dem oben entwickelten weiteren Sinne des Wortes darstellt.

Es hat sich nun oben gezeigt, dass, wenn die Ordnung der Transformation eine ungrade Primzahl n ist, der Multiplicator μ ein algebraischer Primtheiler desjenigen dem Rationalitätsbereiche (ρ) entstammenden Gattungsbereichs ist, welcher durch die Elemente ρ, $\varkappa$, μ charakterisirt wird, und dem ebensowohl der Multiplicator μ als auch der transformirte Modul λ angehört. Setzt man demgemäss

$$n = \mu\mu',$$

so ist, wie in einem folgenden Paragraphen gezeigt werden soll, auch μ' ein algebraischer Primtheiler des Gattungsbereichs $(\rho, \varkappa, \mu)$. Jede Primzahl n erweist sich also in einem gewissen, dem Bereiche $(\rho, \varkappa)$ entstammenden Gattungsbereiche als zusammengesetzte Grösse und ist als Product von zwei algebraischen, dem Gattungsbereiche $(\rho, \varkappa, \mu)$ angehörigen Primdivisoren darstellbar. Demgemäss setzt sich auch die Multiplication mit einer Primzahl n, welche zugleich im engeren Sinne des Wortes eine Multiplication ist, aus den zwei Multiplicationen mit μ und μ' zusammen, bei denen die Multiplicatoren in dem dargelegten Sinne prim sind, und es zeigt sich hier die tiefe Bedeutung jener von Jacobi in den §§. 26 bis 28 der Fundamenta entwickelten Methode, mittels deren alle Formeln für die Multiplication der elliptischen Functionen mit einer ungraden Zahl n aus zwei aufeinanderfolgenden Transformationen der $n$ten Ordnung hergeleitet werden.

§. 15.

Es ist oben ausgeführt worden, dass es einzig und allein die Transformation der elliptischen Functionen ist, welche eine Multiplication im weiteren Sinne des Wortes liefert, d. h. eine Darstellung von

$$\mathrm{El}(\xi, v) \text{ als rationale Function von } \mathrm{El}(\eta, w)$$

für den Fall, dass die Variable ξ sich von der Variablen η nur durch einen constanten Factor unterscheidet. Aber man kann sogar zeigen[1], dass auch die allgemeinere Forderung »es sollen zwischen zwei elliptischen Functionen $\mathrm{El}(\xi, v)$ und $\mathrm{El}(\eta, w)$ und zugleich zwischen deren variabeln Argumenten ξ und η algebraische Relationen bestehen« einzig und allein durch die Transformation erfüllt wird.

Setzt man nämlich zur Abkürzung:

$$x = \mathrm{El}(\xi, v), \quad y = \mathrm{El}(\eta, w)$$

und nimmt nun an, dass zwei Gleichungen:

$$F(x, y) = 0, \quad \Phi(\xi, \eta, x) = 0$$

bestehen, in welchen $F(x, y)$ eine ganze rationale Function von x und y bedeutet, $\Phi(\xi, \eta, x)$ aber eine ganze rationale Function von ξ, η, deren Coefficienten algebraische Functionen von x sind, so erhält man durch Differentiation von $\Phi(\xi, \eta, x)$ nach x eine fernere Relation:

$$\Psi(\xi, \eta, x) = 0,$$

in welcher $\Psi(\xi, \eta, x)$ ebenfalls eine ganze rationale Function von ξ, η ist, deren Coefficienten algebraische Functionen von x sind. Denn, wenn man die partiellen Ableitungen von Φ nach ξ, η, x beziehungsweise mit Φ_1, Φ_2, Φ_3 bezeichnet, so kann man:

$$\Psi(\xi, \eta, x) = \Phi_1 \frac{d\xi}{dx} + \Phi_2 \frac{d\eta}{dx} + \Phi_3$$

nehmen und dabei die Differentialquotienten $\frac{d\xi}{dx}, \frac{d\eta}{dx}$ durch die algebraischen Functionen von x ersetzen, welche sich aus der Differentiation der Gleichungen $x = \mathrm{El}(\xi, v)$, $y = \mathrm{El}(\eta, w)$, $F(x, y) = 0$ ergeben.

Die Resultante der Elimination von η aus den Gleichungen $\Phi(\xi, \eta, x) = 0$, $\Psi(\xi, \eta, x) = 0$ würde, wenn sie nicht identisch Null wäre, die Variable ξ als algebraische Function von x bestimmen. Die Resultante muss daher identisch verschwinden, und es müssen demgemäss:

$$\Phi(\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, x) \text{ und } \Psi(\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, x),$$

als ganze Functionen der beiden unbestimmten Variabeln $\mathfrak{x}$ und $\mathfrak{y}$, einen gemeinsamen Theiler haben. Es kann aber vorausgesetzt werden, dass $\Phi(\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, x)$ keine ganze Function von $\mathfrak{x}$ und $\mathfrak{y}$ als Factor enthält,

[1] Vergl. ABEL's »Précis d'une théorie des fonctions elliptiques« (Nr. XXVIII des ersten Bandes der gesammelten Werke in der Ausgabe von 1881), sowie sein »Mémoire sur les fonctions transcendantes de la forme $\int y\,dx$, où y est une fonction algébrique de x« (Nr. XVII des zweiten Bandes in derselben Ausgabe).

da man andernfalls einen solchen Factor oben an Stelle von $\Phi(\xi, \eta, x)$ gleich Null setzen könnte. Es muss daher $\Psi(\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, x)$ identisch gleich Null sein.

Ist nun $\mathfrak{y}^n$ die höchste in $\Phi(\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, x)$ vorkommende Potenz von $\mathfrak{y}$ und:

$$\Phi(\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, x) = (\phi \mathfrak{x}^r + \phi_1 \mathfrak{x}^{r-1} + \ldots)\mathfrak{y}^n + (\psi \mathfrak{x}^s + \psi_1 \mathfrak{x}^{s-1} + \ldots)\mathfrak{y}^{n-1} + \ldots,$$

so wird:

$$\Psi(\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, x) = \left(\frac{d\phi}{dx}\mathfrak{x}^r + \frac{d\phi_1}{dx}\mathfrak{x}^{r-1} + \ldots\right)\mathfrak{y}^n + (r\phi\mathfrak{x}^{r-1} + \ldots)\frac{d\xi}{dx}\mathfrak{y}^n + n(\phi\mathfrak{x}^r + \ldots)\mathfrak{y}^{n-1}\frac{d\eta}{dx}$$
$$+ \left(\frac{d\psi}{dx}\mathfrak{x}^s + \ldots\right)\mathfrak{y}^{n-1} + (s\psi\mathfrak{x}^{s-1} + \ldots)\frac{d\xi}{dx}\mathfrak{y}^{n-1} + (n-1)(\psi\mathfrak{x}^s + \ldots)\mathfrak{y}^{n-2}\frac{d\eta}{dx} + .$$

und es muss also:

$$\frac{d\phi}{dx} = 0, \quad r\phi\frac{d\xi}{dx} + \frac{d\phi_1}{dx} = 0$$

sein. Es zeigt sich also, dass ϕ von x unabhängig ist, und dann ferner, dass auch $r\phi\xi + \phi_1$ von x unabhängig sein muss. Hieraus folgt aber, dass $r = 0$ sein muss; denn sonst würde die Gleichung:

$$r\phi\xi + \phi_1 = \text{const.},$$

in welcher ϕ_1 eine algebraische Function von x bedeutet, auch ξ als algebraische Function von x definiren.

Setzt man nunmehr den Coefficienten von $\mathfrak{y}^{n-1}$ in $\Psi(\mathfrak{x}, \mathfrak{y}, x)$ gleich Null, so kommt, da $r = 0$ ist:

$$n\phi\frac{d\eta}{dx} + (s\psi\mathfrak{x}^{s-1} + \ldots)\frac{d\xi}{dx} + \frac{d\psi}{dx}\mathfrak{x}^s + \frac{d\psi_1}{dx}\mathfrak{x}^{s-1} + \ldots = 0.$$

Hieraus ersieht man, dass s nicht grösser als 1 sein kann. Denn sonst müsste:

$$\frac{d\psi}{dx} = 0, \quad s\psi\frac{d\xi}{dx} + \frac{d\psi_1}{dx} = 0$$

sein, und daraus würde, genau so wie oben, folgen, dass ψ und demnach auch $s\psi\xi + \psi_1$ constant sein muss. Das Letztere ist aber unmöglich, da die Gleichung: $s\psi\xi + \psi_1 = \text{const.}$ die Grösse ξ als algebraische Function von x definiren würde.

Es kann aber auch nicht $s = 0$ sein, da sonst:

$$\frac{d\psi}{dx} + n\phi\frac{d\eta}{dx} = 0$$

sein würde und folglich, da ϕ constant ist, eine Gleichung:

$$n\phi\eta + \psi = \text{const.}$$

bestehen müsste, welche aber η als algebraische Function von x definiren würde.

Für den allein übrig bleibenden Fall $s = 1$ kommt nun:

$$\frac{d\psi}{dx} = 0\,, \quad n\phi\frac{d\eta}{dx} + \psi\frac{d\xi}{dx} + \frac{d\psi_1}{dx} = 0\,,$$

also:

$$\psi = \text{const. und } n\phi\eta + \psi\xi + \psi_1 = \text{const.}$$

und es zeigt sich also,

> dass $\Phi(\xi, \eta, x)$ eine lineare Function von ξ und η sein muss, in welcher die Coefficienten von ξ und η constant sind.

Die Gleichung $\Phi(\xi, \eta, x) = 0$ muss daher eine lineare Function $\eta - \sigma\xi$, in welcher σ eine Constante bedeutet, als algebraische Function von x definiren; diese Function muss sich aber auf eine Constante reduciren, da ξ und η Integrale erster Gattung sind und also $\eta - \sigma\xi$ für alle durch die Gleichung $F(x, y) = 0$ mit einander verbundenen Werthe von x und y endliche Werthe annimmt.

Die Gleichung $\Phi(\xi, \eta, x) = 0$ kann hiernach nur von der Form sein:

$$\eta = \sigma\xi + \tau\,,$$

wo σ und τ von x unabhängig sind. Setzt man nun in der Gleichung:

$$F\big(\mathrm{El}(\xi, v), \mathrm{El}(\sigma\xi + \tau, w)\big) = 0$$

$\xi + mv + n$ an die Stelle von ξ, so bleibt, wenn m und n ganze Zahlen sind, der Werth von $\mathrm{El}(\xi, v)$ ungeändert, und es kann daher:

$$\mathrm{El}(\sigma\xi + \sigma mv + \sigma n + \tau, w)$$

nur eine durch die Function F bestimmte endliche Anzahl verschiedener Werthe annehmen, wenn man nach einander für m und n beliebig viele verschiedene ganze Zahlen setzt. Hieraus folgt, dass es ganze Zahlen m, n, r, s geben muss, wofür:

$$\mathrm{El}(\sigma\xi + \sigma mv + \tau, w) = \mathrm{El}\big(\sigma\xi + \sigma(m+s)v + \tau, w\big)$$

$$\mathrm{El}(\sigma\xi + \sigma n + \tau, w) = \mathrm{El}\big(\sigma\xi + \sigma(n+r) + \tau, w\big)$$

wird, und dass daher ganze Zahlen a, b, c, d existiren müssen, wofür:

$$\sigma sv = aw + b\,, \quad \sigma r = cw + d\,,$$

also:

$$v = \frac{r(aw+b)}{s(cw+d)}\,, \quad \sigma = \frac{cw+d}{r} = \frac{ad-bc}{ar-csv}$$

ist. Nun besteht aber in der That, wie aus der Theorie der Transformation hervorgeht, zwischen den beiden Functionen:

$$\mathrm{El}(\xi, v) \text{ und } \mathrm{El}(\sigma\xi, w)$$

eine algebraische Relation, wenn σ, v, w durch die angegebenen Gleichungen mit einander verbunden sind; vermöge des Additionstheorems besteht daher auch für eine beliebige von x unabhängige Grösse τ eine algebraische Relation zwischen:

$$\mathrm{El}(\xi, v) \text{ und } \mathrm{El}(\sigma\xi + \tau, w).$$

Das hiermit erlangte Resultat kann folgendermaassen formulirt werden:

Sollen sowohl zwischen zwei elliptischen Functionen $\mathrm{El}(\xi, v)$, $\mathrm{El}(\eta, w)$ als auch zwischen deren variabeln Argumenten ξ, η algebraische Relationen bestehen, so muss die Relation zwischen ξ und η linear und von der Form:

$$\eta = \sigma\xi + \tau$$

sein. Dabei ist τ eine beliebige von ξ unabhängige Grösse, während der Zusammenhang zwischen σ, v, w durch zwei Gleichungen:

$$\sigma s v = a w + b, \quad \sigma r = c w + d$$

bestimmt ist, in denen a, b, c, d, r, s ganze Zahlen bedeuten.

Nimmt man speciell $v = w$, so ergiebt sich das Corollar:

Wenn sowohl zwei elliptische Functionen $\mathrm{El}(\xi, w)$, $\mathrm{El}(\eta, w)$ als auch die Argumente ξ, η durch algebraische Relationen mit einander verbunden sein sollen, so müssen die Gleichungen:

$$\eta = \sigma\xi + \tau, \quad \sigma s w = a w + b, \quad \sigma r = c w + d$$

bestehen. Es muss also entweder σ eine ganze Zahl sein, oder es müssen w und σ complexe algebraische, derselben Gattung angehörige Zahlen sein.

Im letzteren Falle ist w Wurzel einer quadratischen Gleichung:

$$A + Bw + Cw^2 = 0,$$

in welcher A, B, C ganze Zahlen sind und $B^2 < 4AC$ ist. Dabei ist w diejenige der beiden Wurzeln, für welche der reelle Theil von wi negativ wird.

Die Wurzeln solcher quadratischen Gleichungen: $A + Bw + Cw^2 = 0$ bezeichnen offenbar die einfachsten Rationalitätsbereiche, d. h. diejenigen der niedrigsten Ordnung, aus welchen überhaupt Werthe von w für die elliptische Function $\mathrm{El}(\zeta, w)$ entnommen werden können.

Die elliptischen Functionen mit solchen besonderen Werthen von w zeichnen sich vor allen übrigen durch ganz besondere Eigenschaften aus, und ich nenne sie deshalb »singuläre elliptische Functionen«. Die Werthe $\mathrm{El}^2(\frac{1}{4}, w)$, welche ihre Moduln bilden,

sind eben jene, welche ich schon in meiner Mittheilung vom Juni 1862[1] als »singuläre Moduln« bezeichnet habe.

Soll zwischen ξ und η eine algebraische Relation bestehen und dabei:

$$\mathrm{El}(\xi, v) = \mathrm{El}(\eta, w)$$

sein, so folgt nach dem obigen Satze, dass $\eta = \sigma\xi + \tau$ sein muss. Alsdann muss ferner:

$$\mathrm{El}(\xi, v) = \mathrm{El}(\xi + 1, v) = \mathrm{El}(\sigma\xi + \sigma + \tau, w) = \mathrm{El}(\sigma\xi + \tau, w)$$
$$\mathrm{El}(\xi, v) = \mathrm{El}(\xi + v, v) = \mathrm{El}(\sigma\xi + \sigma v + \tau, w) = \mathrm{El}(\sigma\xi + \tau, w)$$

sein, und es müssen daher ganze Zahlen a, b, c, d existiren, für welche:

$$\sigma v = aw + b, \quad \sigma = cw + d$$

wird. Vertauscht man gleichzeitig ξ mit η, v mit w und σ mit $\frac{1}{\sigma}$, so folgt in derselben Weise, dass Gleichungen:

$$\frac{1}{\sigma} w = a'v + b', \quad \frac{1}{\sigma} = c'v + d'$$

bestehen müssen, in welchen a', b', c', d' ganze Zahlen sind.

Hiernach muss:

$$w = \frac{a'v + b'}{c'v + d'} = \frac{dv - b}{-cv + a}, \quad (cw + d)(c'v + d') = 1$$

sein; es muss also eine ganze Zahl t geben, wofür:

$$a' = dt, \quad b' = -bt, \quad c' = -ct, \quad d' = at,$$

und zugleich:

$$(cw + d)(a - cv)t = 1$$

ist. Der Ausdruck auf der linken Seite dieser Gleichung ist aber gleich: $(ad - bc)t$; sowohl t als $ad - bc$ muss daher den absoluten Werth Eins haben, und $ad - bc$ muss positiv sein, damit der reelle Theil von vi und der von wi gleichzeitig negativ sei.

Statuirt man zwischen ξ, η die Relation:

$$\xi\left(\vartheta_3(0, 2v)\right)^2 = \eta\left(\vartheta_3(0, 2w)\right)^2,$$

und setzt man zur Abkürzung:

$$2\xi\left(\vartheta_3(0, 2v)\right)^2 = u\pi,$$

so wird gemäss der Definition der Function El im §. 4 (21):

$$\mathrm{El}(\tfrac{1}{4}, v) \cdot \sin\mathrm{am}\left(u, \mathrm{El}^2(\tfrac{1}{4}, v)\right) = \mathrm{El}(\xi, v),$$
$$\mathrm{El}(\tfrac{1}{4}, w) \cdot \sin\mathrm{am}\left(u, \mathrm{El}^2(\tfrac{1}{4}, w)\right) = \mathrm{El}(\eta, w),$$

[1] Monatsbericht vom Juni 1862.

und also:

$$\mathrm{El}(\xi, v) = \mathrm{El}(\eta, w),$$

wenn man zwischen den Grössen v und w die Relation:

$$\mathrm{El}(\tfrac{1}{4}, v) = \mathrm{El}(\tfrac{1}{4}, w)$$

voraussetzt. Gemäss der obigen Entwickelung hat also diese Voraussetzung als nothwendige Folge, dass zwischen den Grössen v und w eine Gleichung:

$$v = \frac{aw + b}{cw + d}$$

bestehe, in welcher a, b, c, d ganze Zahlen und dabei so beschaffen sind, dass $ad - bc = 1$ wird.

Dasselbe Resultat ergiebt sich aber schon aus dem obigen Satze, dass nur dann $\mathrm{El}\left(\frac{\mathfrak{m}K\zeta}{\mathfrak{K}}, \mathfrak{w}\right)$ rational durch $\mathrm{El}(\zeta, w)$ ausdrückbar ist, wenn w als lineare gebrochene Function von $\mathfrak{w}$ mit ganzzahligen Coefficienten dargestellt werden kann. Denn unter der Voraussetzung:

$$\mathrm{El}(\tfrac{1}{4}, w) = \mathrm{El}(\tfrac{1}{4}, \mathfrak{w}) \text{ und } \mathfrak{m} = 1$$

wird:

$$\mathrm{El}\left(\frac{\mathfrak{m}K\zeta}{\mathfrak{K}}, \mathfrak{w}\right) = \mathrm{El}(\zeta, w),$$

und es ist dann ähnlich, wie oben, zu zeigen, dass die Determinante der Coefficienten jener linearen gebrochenen Function gleich Eins sein muss. In dieser letzteren Weise habe ich das angegebene Resultat gleich im Anfange meiner Untersuchungen über die singulären elliptischen Functionen abgeleitet.

§. 16.

Um nunmehr, in Anknüpfung an den Schlusssatz des §. 11, den Nachweis zu führen, dass die $n^2 - 1$ Grössen:

$$\sqrt{x}\,\sin\mathrm{am}\frac{4hK + 2h'K'i}{n} \qquad (h, h' = 0, 1, \ldots n-1 \text{ ausser } h = h' = 0)$$

nicht sämmtlich einander absolut aequivalent sein können, bemerke ich zuvörderst, dass, wenn es der Fall wäre, auch die $n + 1$ Grössen:

$$\mu\sqrt{\frac{\lambda}{x}},\ \mu_0\sqrt{\frac{\lambda_0}{x}},\ \mu_1\sqrt{\frac{\lambda_1}{x}},\ \ldots\ \mu_{n-1}\sqrt{\frac{\lambda_{n-1}}{x}}$$

einander aequivalent sein müssten, da nach §. 12:

$$\mu\sqrt{\frac{\lambda}{x}} = \prod_r \sqrt{x}\,\sin\operatorname{am}\frac{4rK}{n}$$
$$\mu_h\sqrt{\frac{\lambda_h}{x}} = \prod_r \sqrt{x}\,\sin\operatorname{am}\frac{4hrK + 2rK'i}{n} \qquad \left(\begin{matrix} r = 1, 2, \ldots\ldots n-1 \\ h = 0, 1, 2, \ldots n-1 \end{matrix}\right)$$

ist. Da ferner das Product aller $n+1$ Multiplicatoren μ gleich n ist, so wäre bei der gemachten Annahme jede der $n+1$ Grössen $\mu\sqrt{\frac{\lambda}{x}}$ oder jeder der $n+1$ Multiplicatoren μ selbst absolut aequivalent mit $n^{\frac{1}{n+1}}$. Die Gleichung $(n+1)$ten Grades, welcher nach §. 12 die $n+1$ Grössen:

$$\mu\sqrt{\frac{\lambda}{x}},\ \mu_0\sqrt{\frac{\lambda_0}{x}},\ \mu_1\sqrt{\frac{\lambda_1}{x}},\ \ldots\ \mu_{n-1}\sqrt{\frac{\lambda_{n-1}}{x}}$$

genügen, müsste also abgesehen von dem Coefficienten der höchsten Potenz, welcher gleich Eins ist, lauter Coefficienten haben, die ganze Grössen des Rationalitätsbereichs (ρ) und dabei durch n theilbar sind.

Nun ist aber gemäss den Gleichungen (57) und (58) des §. 12:

$$\mu\sqrt{\frac{\lambda}{x}} = \pm n\cdot\frac{\vartheta_2(0, 2nw)\,\vartheta_3(0, 2nw)}{\vartheta_2(0, 2w)\,\vartheta_3(0, 2w)},\quad \mu_h\sqrt{\frac{\lambda_h}{x}} = \frac{\vartheta_2\left(0, 2\frac{h+w}{n}\right)\vartheta_3\left(0, 2\frac{h+w}{n}\right)}{\vartheta_2(0, 2w)\,\vartheta_3(0, 2w)}$$
$$(h = 0, 1, 2, \ldots n-1)$$

und es ist ferner:

$$\rho = x + \frac{1}{x} = \frac{\vartheta_2^4(0, 2w) + \vartheta_3^4(0, 2w)}{\vartheta_2^2(0, 2w)\,\vartheta_3^2(0, 2w)};$$

das Product:

$$\vartheta_2\left(0, \frac{2w}{n}\right)\vartheta_3\left(0, \frac{2w}{n}\right)$$

genügt also an sich, oder nach Multiplication mit einer Potenz des Products $\vartheta_2(0, 2w)\,\vartheta_3(0, 2w)$, einer Gleichung $(n+1)$ten Grades, in welcher der Coefficient der höchsten Potenz gleich Eins ist, während die übrigen Coefficienten ganze ganzzahlige Functionen von $\vartheta_2(0, 2w)$ und $\vartheta_3(0, 2w)$ sind. In diesen ganzzahligen Functionen müssten die Coefficienten, bei der obigen Annahme, durch n theilbar sein, und es müssten daher alle Glieder der Gleichung für: $\vartheta_2\left(0, \frac{2w}{n}\right)\vartheta_3\left(0, \frac{2w}{n}\right)$ mit Ausnahme des ersten Gliedes:

$$\left(\vartheta_2\left(0, \frac{2w}{n}\right)\vartheta_3\left(0, \frac{2w}{n}\right)\right)^{n+1},$$

wenn sie nach Potenzen von $e^{w\pi i}$ oder q entwickelt werden, lauter

durch n theilbare Coefficienten haben. Dies ist jedoch unmöglich, da die Entwickelung jenes ersten Gliedes der Gleichung nach Potenzen von q offenbar nicht lauter durch n theilbare Coefficienten enthält.

Es sind hiernach nur die je $n-1$ Grössen:

$$\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\frac{4rK}{n} \text{ und } \sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\frac{4hrK+2rK'i}{n} \qquad (r=1,2,\ldots n-1)$$

einander absolut aequivalent, dagegen je zwei Grössen aus verschiedenen der $n+1$ Gruppen:

$$\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\frac{4K}{n},\ \sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\frac{4hK+2K'i}{n} \qquad (h=0,1,\ldots n-1)$$

einander nicht aequivalent. Ebenso sind je zwei der $n+1$ Grössen:

$$\mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}},\ \mu_0\sqrt{\frac{\lambda_0}{\varkappa}},\ \mu_1\sqrt{\frac{\lambda_1}{\varkappa}},\ \ldots\ \mu_{n-1}\sqrt{\frac{\lambda_{n-1}}{\varkappa}},$$

auch im Sinne der Aequivalenz, von einander verschieden, und da sie Primdivisoren in derjenigen Gattung sind, welche durch alle $n+1$ Grössen repräesentirt wird, so haben sie auch keinerlei gemeinschaftlichen Theiler.

Die n Grössen:

$$\mu_h\sqrt{\frac{\lambda_h}{\varkappa}} \text{ oder } \prod_r \mathrm{El}\left(\frac{rh+rw}{n}, w\right) \qquad \left(\begin{matrix} r=1,2,\ldots\ldots n-1 \\ h=0,1,2,\ldots n-1\end{matrix}\right)$$

sind Wurzeln einer Gleichung $n$ten Grades, deren Coefficienten rationale Functionen von ρ und $\mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}}$, also von:

$$\rho \text{ und } \prod_r \mathrm{El}\left(\frac{r}{n}, w\right) \qquad (r=1,2,\ldots n-1)$$

sind. Diese Gleichung ist im Gattungsbereiche $\left(\varkappa, \mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}}\right)$ irreductibel; denn wenn irgend eine Gleichung mit ganzzahligen Coefficienten zwischen den drei Grössen:

$$\varkappa,\ \prod_r \mathrm{El}\left(\frac{r}{n}, w\right),\ \prod_r \mathrm{El}\left(\frac{rw}{n}, w\right) \qquad (r=1,2,\ldots n-1)$$

oder, was dasselbe ist, zwischen den drei Grössen:

$$\mathrm{El}^2(\tfrac{1}{4}, w),\ (-1)^{\frac{1}{2}(n-1)}\prod_r \mathrm{El}^2\left(\frac{r}{n}, w\right),\ (-1)^{\frac{1}{2}(n-1)}\prod_r \mathrm{El}^2\left(\frac{rw}{n}, w\right)$$
$$(r=1,2,\ldots \tfrac{1}{2}(n-1))$$

besteht, und man setzt darin $w\pm h$ an Stelle von w, wo h eine

grade Zahl bedeutet, so bleiben nach §. 4 die ersten beiden Grössen ungeändert; die dritte Grösse aber geht in das Product:

$$(-1)^{\frac{1}{2}(n-1)} \prod_r \mathrm{El}^2\left(\frac{\pm rh + rw}{n}, w \pm h\right) \qquad \left(r = 1, 2, \ldots \tfrac{1}{2}(n-1)\right)$$

über, welches wiederum nach §. 4 gleich:

$$(-1)^{\frac{1}{2}(n-1)} \prod_r \mathrm{El}^2\left(\frac{\pm rh + rw}{n}, w\right) \qquad \left(r = 1, 2, \ldots \tfrac{1}{2}(n-1)\right)$$

wird. Dieses Product repraesentirt nun für $h = 2, 4, \ldots n-1$ die sämmtlichen $n-1$ Grössen:

$$\mu_1 \sqrt{\frac{\lambda_1}{x}}, \mu_2 \sqrt{\frac{\lambda_2}{x}}, \ldots \mu_{n-1} \sqrt{\frac{\lambda_{n-1}}{x}};$$

jede zwischen $x, \mu \sqrt{\frac{\lambda}{x}}$ und $\mu \sqrt{\frac{\lambda_0}{x}}$ bestehende Gleichung behält also ihre Gültigkeit, wenn darin eine jener $n-1$ Grössen $\mu_h \sqrt{\frac{\lambda_h}{x}}$ an Stelle von $\mu_0 \sqrt{\frac{\lambda_0}{x}}$ gesetzt wird.

Da die n ganzen algebraischen dem natürlichen Rationalitätsbereiche (ρ) entstammenden Grössen:

$$\mu_h \sqrt{\frac{\lambda_h}{x}} \qquad (h = 0, 1, 2, \ldots n-1),$$

wie so eben dargethan worden ist, innerhalb des Gattungsbereichs $\left(x, \mu \sqrt{\frac{\lambda}{x}}\right)$ mit einander conjugirt sind, so muss jede ganze Grösse eben dieses Gattungsbereichs, welche durch **eine** der Grössen $\mu_h \sqrt{\frac{\lambda_h}{x}}$ theilbar ist, zugleich durch **jede** derselben theilbar sein. Da ferner je zwei dieser Grössen, wie oben gezeigt worden ist, ohne gemeinschaftlichen Theiler sind, so muss jede ganze Grösse des Bereichs $\left(\rho, \mu \sqrt{\frac{\lambda}{x}}\right)$, welche eine der n Grössen $\mu_h \sqrt{\frac{\lambda_h}{x}}$ als Divisor enthält, zugleich durch das Product **aller** n Grössen theilbar sein. Dieses Product selbst kann daher keine ganze Grösse des Bereichs $\left(\rho, \mu \sqrt{\frac{\lambda}{x}}\right)$ als Divisor enthalten, d. h. das Product:

$$\prod_h \mu_h \sqrt{\frac{\lambda_h}{x}} \qquad (h = 0, 1, \ldots n-1)$$

ist ein **algebraischer Primdivisor** im Gattungsbereiche $\left(\rho\,,\,\mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}}\right)$, und in eben diesem Gattungsbereiche ist also die Primzahl n als Product der beiden algebraischen Primdivisoren:

$$\mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}} \text{ und } \frac{n}{\mu}\sqrt{\frac{\varkappa}{\lambda}}$$

darstellbar.

Aus der vorstehenden Entwickelung folgt auch, dass die beiden algebraischen Divisoren μ und μ' in der Gleichung:

$$n = \mu\mu'$$

am Schlusse des §. 14 Primtheiler von n in dem Gattungsbereiche $(\rho, \varkappa, \mu)$ sind. Da nämlich μ' absolut aequivalent mit dem Primdivisor $\frac{n}{\mu}\sqrt{\frac{\varkappa}{\lambda}}$ ist, welcher nach §. 13 ebenfalls dem Gattungsbereiche $(\rho, \varkappa, \mu)$ angehört, so würde, wenn μ' einen algebraischen, dem Gattungsbereiche $(\rho\,,\,\varkappa\,,\,\mu)$ angehörigen Divisor t hätte, durch:

$$ut + \frac{n}{\mu}\sqrt{\frac{\varkappa}{\lambda}},$$

wo u eine Unbestimmte bedeutet, ein algebraischer, dem Gattungsbereiche $(\rho, \varkappa, \mu)$ angehöriger Primdivisor von $\frac{n}{\mu}\sqrt{\frac{\varkappa}{\lambda}}$ repraesentirt werden, während $\frac{n}{\mu}\sqrt{\frac{\varkappa}{\lambda}}$ selbst, wie oben dargethan worden, im Bereiche $(\rho, \varkappa, \mu)$ prim ist.

§. 17.

Um die Bedeutung des Hauptresultats (63) in §. 14 an einem Beispiele zu erläutern, wähle ich $n = 5$ und setze zur Abkürzung:

$$y = \sqrt{\lambda}\,\mathrm{sin\,am}\,(\mu u\,,\,\lambda)\,, \quad x = \sqrt{\varkappa}\,\mathrm{sin\,am}\,(u\,,\,\varkappa)\,,$$

$$\sqrt[4]{\frac{\varkappa}{\lambda}} + \sqrt[4]{\frac{\lambda}{\varkappa}} = \sigma\,,\quad \mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}} = \tau.$$

Alsdann ist die Transformationsformel:

$$y = x\cdot\frac{x^4 + \sigma\tau x^2 + \tau}{1 + \sigma\tau x^2 + x^4},$$

und die Coefficienten $\sigma\tau$ und τ sind beide durch μ theilbar. Denn die Grösse σ wird durch die Gleichung:

$$\sigma^6 - 4\rho\sigma^5 + 20\sigma^4 + 15\rho\sigma^3 - 74\sigma^2 - 44\rho\sigma + 86 - 16\rho^2 = 0$$

als ganze algebraische, dem Bereiche (ρ) entstammende Grösse charakterisirt, und die Grösse τ ist durch μ theilbar, weil der Quotient $\frac{\tau}{\mu}$ oder $\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}}$ eine ganze algebraische, dem Bereiche (ρ) entstammende Einheit ist.

Wenn man in der Congruenz (64) des §. 14:

$$(-1)^{\frac{1}{2}(n-1)}\sqrt{\lambda}\sin\mathrm{am}(\mu u, \lambda) \equiv \left(\sqrt{\varkappa}\sin\mathrm{am}(u, \varkappa)\right)^n \pmod{\mu}$$

das Argument u gleich K setzt, so resultirt, da nach §. 24 von Jacobi's Fundamenta: $\mu u = n\Lambda$ und also:

$$\sqrt{\varkappa}\sin\mathrm{am}(u, \varkappa) = \sqrt{\varkappa}\,, \quad \sqrt{\lambda}\sin\mathrm{am}(u, \lambda) = (-1)^{\frac{1}{2}(n-1)}$$

wird, die Congruenz:

$$\sqrt{\lambda} \equiv (\sqrt{\varkappa})^n \pmod{\mu}, \tag{66}$$

welche für die Theorie der singulären Moduln von wesentlicher Bedeutung ist.

Um den Inhalt der Congruenz (66) für den Fall $n = 3$ näher darzulegen, setze ich, wie im §. 16 von Jacobi's Fundamenta: $\varkappa = u^4$, $\lambda = v^4$, und es ist dann nach den a. a. O. gegebenen Entwickelungen:

$$\mu = \frac{v + 2u^3}{v}, \quad v^4 + 2u^3v^3 - 2uv - u^4 = 0\,,$$

also:

$$v^2 - u^6 = \mu(2v^3u^5 + v^2 - 2u^3v - u^6).$$

Es besteht daher die Gleichung:

$$\sqrt{\lambda} - \sqrt{\varkappa^3} = \mu\left(\sqrt{\lambda} - \sqrt{\varkappa^3} - 2(1 - \sqrt{\varkappa\lambda})\sqrt[4]{\varkappa^3\lambda}\right),$$

in welcher der Factor von μ auf der rechten Seite offenbar eine ganze algebraische, dem Bereiche (ρ) entstammende Grösse ist, und welche daher jene Congruenz (66) für $n = 3$ zur Folge hat.

Setzt man, wie oben, für eine beliebige ungrade Primzahl n:

$$\mu\mu' = n\,,$$

so führt eine Transformation $n$ter Ordnung von:

$$\sqrt{\lambda}\sin\mathrm{am}(\mu u, \lambda) \text{ zu } \sqrt{\varkappa}\sin\mathrm{am}(\mu'\mu u, \varkappa).$$

Es ist daher:

$$\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}(\mu'\mu u, \varkappa) \quad \text{oder} \quad \sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}(nu, \varkappa)$$

als gebrochene rationale Function von $\sqrt{\lambda}\sin\operatorname{am}(\mu u, \lambda)$ so darstellbar, dass der Zähler vom $n$ten und der Nenner vom $(n-1)$ten Grade wird. Dabei ist im Zähler der Coefficient der $n$ten Potenz von $\sqrt{\lambda}\sin\operatorname{am}(\mu u, \lambda)$ und im Nenner der davon unabhängige Term gleich Eins, und die übrigen Coefficienten sind ganze algebraische, dem Bereiche (ρ) entstammende Grössen. Denkt man sich nun in diesem Ausdrucke die Grösse:

$$\sqrt{\lambda}\sin\operatorname{am}(\mu u, \lambda) \text{ durch die Grösse: } (-1)^{\frac{1}{2}(n-1)}\left(\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}(u, \varkappa)\right)^n,$$

ersetzt, welche ihr gemäss jener Congruenz (64) *modulo* μ congruent ist, so erhellt, dass $\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}(nu, \varkappa)$, im Sinne einer Congruenz *modulo* μ, als gebrochene rationale Function von:

$$\left(\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}(u, \varkappa)\right)^n$$

darstellbar ist. Nun ist aber $\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}(nu, \varkappa)$ gemäss der Gleichung (4) des §. 1 gleich dem Bruche:

$$\frac{\phi_{n0}x + \phi_{n1}x^3 + \phi_{n2}x^5 + \ldots + \phi_{n\nu}x^{n^2-2} + x^{n^2}}{\phi_{n0}x^{n^2-1} + \phi_{n1}x^{n^2-3} + \ldots + \phi_{n\nu}x^2 + 1} \qquad \left(\nu = \tfrac{1}{2}(n^2-3)\right),$$

wenn, wie dort: $\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}(u, \varkappa) = x$ gesetzt wird. Dieser Bruch selbst muss also im Sinne einer Congruenz *modulo* μ sich auf einen solchen reduciren, der nur die $n$ten Potenzen von x enthält, d. h. alle diejenigen Coefficienten ϕ_{nr}, wofür $2r+1$ nicht durch n theilbar ist, müssen durch μ theilbar sein. Diese Coefficienten ϕ_{nr} sind aber ganze Grössen des natürlichen Rationalitätsbereichs (ρ): sie müssen also, wenn sie durch den mit μ bezeichneten algebraischen Divisor von n theilbar sind, auch durch n selbst theilbar sein. Dieses Resultat kann in folgender Weise formulirt werden:

(67) In der rationalen Function von $\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am} u$, durch welche $\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am} nu$ ausgedrückt wird, sind alle diejenigen Coefficienten durch n theilbar, bei denen der Exponent von $\sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am} u$ die Primzahl n nicht als Divisor enthält.

In der Gleichung vom Grade n^2:

$$\prod_{h,h'}\left(x - \sqrt{\varkappa}\sin\operatorname{am}\frac{4hK + 2h'K'i}{n}\right) \qquad (h, h' = 0, 1, \ldots n-1)$$

oder:

$$x^{n^2} + \phi_{n\nu}x^{n^2-2} + \phi_{n,\nu-1}x^{n^2-4} + \ldots + \phi_{n2}x^5 + \phi_{n1}x^3 + \phi_{n0}x = 0 \quad \left(\nu = \tfrac{1}{2}(n^2-3)\right)$$

sind daher die Coefficienten aller derjenigen Potenzen von x durch n theilbar, deren Exponenten nicht Vielfache von n sind.

So ist z. B. diese Gleichung für $n = 3$:

$$x^9 - 6x^5 + 4\rho x^3 - 3x = 0$$

und für $n = 5$:

$$x^{25} - 50x^{21} + 140\rho x^{19} - (160\rho^2 + 125)x^{17} + (64\rho^3 + 368)x^{15} - (240\rho^2 + 300)x^{13}$$
$$+ 360\rho x^{11} - 105x^9 - 80\rho x^7 + (16\rho^2 + 62)x^5 - 20\rho x^3 + 5x = 0.$$

Setzt man zur Abkürzung:

$$\sum_{h,h'} \left(\sqrt{x}\,\sin\operatorname{am}\frac{4hK + 2h'K'i}{n}\right)^{2t} = \sigma_t \qquad \begin{pmatrix} h, h' = 0, 1, \ldots n-1 \\ t = 1, 2, 3, \ldots \end{pmatrix},$$

so ist vermöge der Newton'schen Formeln für $t = 1, 2, \ldots \frac{1}{2}(n^2 - 1)$:

$$\sigma_t + \phi_{n\nu}\sigma_{t-1} + \phi_{n,\nu-1}\sigma_{t-2} + \ldots + \phi_{n,\nu-t+2}\sigma_1 + 2t\phi_{n,\nu-t+1} = 0.$$

Aus dieser Gleichung ist zu erschliessen, dass σ_t durch n theilbar ist, wenn alle diejenigen Grössen σ, deren Index kleiner als t ist, durch n theilbar sind. Denn unter der angegebenen Voraussetzung ist:

$$\sigma_t + 2t\phi_{n,\nu-t+1} \equiv 0 \pmod{n}.$$

Da nun nach dem oben entwickelten Resultate $\phi_{n,\nu-t+1} \equiv 0 \pmod{n}$ ist, sobald nicht die Zahl:

$$2(\nu - t + 1) + 1, \text{ d. i. } n^2 \quad 2t$$

durch n theilbar ist, so zeigt sich, dass für alle Werthe:

$$t = 1, 2, 3, \ldots \tfrac{1}{2}(n^2 - 1)$$

in der That die Congruenz:

$$(68) \qquad \sum_{h,h'} \left(\sqrt{x}\,\sin\operatorname{am}\frac{4hK + 2h'K'i}{n}\right)^{2t} \equiv 0 \pmod{n} \qquad (h, h' = 0, 1, \ldots n-1)$$

besteht. Diese Congruenz besteht aber auch für alle grösseren Zahlen t; denn für alle diese Zahlen t gilt die Relation:

$$\sigma_t + \phi_{n\nu}\sigma_{t-1} + \phi_{n,\nu-1}\sigma_{t-2} + \ldots + \phi_{n1}\sigma_{t-\nu} + \phi_{n0}\sigma_{t-\nu-1} = 0,$$

aus welcher unmittelbar hervorgeht, dass $\sigma_t \equiv 0 \pmod{n}$ ist, wenn $\sigma_{t-1}, \sigma_{t-2}, \ldots$ durch n theilbar sind.

§. 18.

Am Schlusse des §. 8 ist gezeigt worden, dass:

$$\sqrt{x}\,\sin\operatorname{am}\frac{4hmK + 2h'mK'i}{n}$$

multiplicirt mit einer gewissen Potenz von $16(\rho^2 - 4)$ sich als ganze ganzzahlige Function von $\sqrt{x}\,\sin\operatorname{am}\dfrac{4hK + 2h'K'i}{n}$ und ρ darstellen lässt.

Bedeutet nun g, wie im §. 12, eine primitive Congruenzwurzel von n, und nimmt man die Grössen:

$$\sqrt{x}\,\sin\mathrm{am}\,\frac{4grK}{n},\ \sqrt{x}\,\sin\mathrm{am}\,\frac{4g^2rK}{n},\ \sqrt{x}\,\sin\mathrm{am}\,\frac{4g^3rK}{n},\ldots\sqrt{x}\,\sin\mathrm{am}\,\frac{4g^{n-1}rK}{n}$$

in der angegebenen Reihenfolge, so ist jede ganze cyklische Function derselben, deren Coefficienten ganze Grössen des Bereichs $(\rho,\sqrt{x})$ sind, durch einen Ausdruck:

$$\sum_t c_t\left(\sqrt{x}\,\sin\mathrm{am}\,\frac{4rK}{n}\right)^t \qquad (t=0,1,2,\ldots)$$

darstellbar, und die Coefficienten $c_1, c_2, c_3, \ldots$ müssen hierbei Grössen des Bereichs $(\rho.\sqrt{x})$ sein, welche in ihrer reducirten Form im Nenner nur Potenzen von $2, \rho\;\; 2, \rho+2$ enthalten. Überdies muss der Ausdruck für jeden der Werthe $r=1,2,\ldots n-1$ einen und denselben Werth haben, und man kann also:

$$\frac{1}{n-1}\sum_r\sum_t c_t\left(\sqrt{x}\,\sin\mathrm{am}\,\frac{4rK}{n}\right)^t \qquad \begin{pmatrix} r=1,2,\ldots n-1 \\ t=0,1,2,\ldots \end{pmatrix}$$

dafür setzen oder:

$$\frac{1}{n-1}\sum_r\sum_t c_{2t}\left(\sqrt{x}\,\sin\mathrm{am}\,\frac{4rK}{n}\right)^{2t} \qquad \begin{pmatrix} r=1,2,\ldots n-1 \\ t=0,1,2,\ldots \end{pmatrix},$$

da die über alle Werthe von r erstreckten Summen verschwinden, wenn der Exponent ungrade ist. Die hiermit conjugirten n Grössen sind:

$$\frac{1}{n-1}\sum_r\sum_t c_{2t}\left(\sqrt{x}\,\sin\mathrm{am}\,\frac{4rhK+2rK'i}{n}\right)^{2t} \qquad \begin{pmatrix} h=0,1,\ldots n-1 \\ r=1,2,\ldots n-1 \\ t=0,1,2,\ldots \end{pmatrix},$$

und die Gleichung (68) im vorigen Paragraphen zeigt also, dass die Summe aller $n+1$ conjugirten Werthe der Grösse $\frac{c_0}{n-1}$ *modulo* n congruent ist. Wenn $c_0 \equiv 0 \pmod{n}$ ist, so wird die Summe der $n+1$ conjugirten Werthe durch n theilbar, und da diese Werthe gemäss den in den §§. 12 und 13 enthaltenen Entwickelungen den Gattungsbereichen:

$$(\rho,\sqrt{x},\mu),\ (\rho,\sqrt{x},\mu_0),\ (\rho,\sqrt{x},\mu_1),\ \ldots\ (\rho,\sqrt{x},\mu_{n-1})$$

angehören, so ergiebt sich als Resultat die Congruenz:

$$\mu\tau+\mu_0\tau_0+\mu_1\tau_1+\ldots+\mu_{n-1}\tau_{n-1}\equiv 0 \pmod{n}, \tag{69}$$

in welcher τ irgend eine ganze Grösse des Bereichs $(\rho,\sqrt{x},\mu)$ bedeutet, und unter $\mu_0\tau_0, \mu_1\tau_1, \ldots$ die mit $\mu\tau$ conjugirten Grössen zu verstehen sind.

Entwickelt man das Product:

$$(z-\mu\tau)(z-\mu_0\tau_0)(z-\mu_1\tau_1)\dots(z-\mu_{n-1}\tau_{n-1})$$

nach Potenzen von z und bezeichnet die dabei resultirende ganze Function von z mit $T(z)$ und setzt:

$$T(z)=\theta_0-\theta_1 z+\theta_2 z^2-\dots-\theta_n z^n+z^{n+1},$$

so bestehen die Congruenzen:

(70) $\theta_n\equiv 0,\ \theta_{n-1}\equiv 0,\ \dots\ \theta_2\equiv 0$ und $\theta_0\equiv 0$ (mod. n).

Denn, wenn man in der Congruenz (69) die Grösse $\mu^{m-1}\tau^m$ an Stelle von τ setzt, so zeigt sich, dass alle Potenzsummen der Wurzeln der Gleichung $T(z)=0$ durch n theilbar sind, und die Congruenzen (70) ergeben sich also mit Hülfe der NEWTON'schen Formeln.

Nimmt man nun $\tau=1$, so ist nach §. 14 und §. 15:

$$\theta_0=n,\ \theta_1\equiv\mu_0\mu_1\dots\mu_{n-1}\equiv\mu'\ (\text{mod. }\mu),$$

und da nach §. 15 die Grösse μ' ein algebraischer Primdivisor und von μ verschieden ist, so kann θ_1 nicht durch μ und also nicht durch n theilbar sein. In diesem Falle sind also alle Coefficienten θ, mit Ausnahme von θ_1, durch n theilbar. Es wird also:

$$(71)\quad \begin{gathered} T(z)\equiv z(z^n-\theta_1),\ T'(z)\equiv z^n-\theta_1\ (\text{mod. }n),\\ n=\mu\mu',\ \mu'=\theta_1-\theta_2\mu+\dots+\theta_n\mu^{n-1}-\mu^n; \end{gathered}$$

die Primzahl n ist also Theiler der Discriminante von $T(z)$ und dennoch als Product zweier von einander verschiedener algebraischer Primdivisoren des Gattungsbereichs $(\rho,\varkappa,\mu)$ darstellbar. Dies bildet einen Ausnahmefall für jenen Satz, dass bei der Darstellung eines Factors der Discriminante als Product irreductibler algebraischer Divisoren wenigstens einer derselben mehrfach vorkommt.[1]

Um dies näher darzulegen knüpfe ich an die Entwickelungen im §. 25 meiner citirten Festschrift an, welche die Begründung jenes Satzes enthalten. Es sei also, wie dort, $F(\mathfrak{R})=0$ die Fundamentalgleichung der durch $\mathfrak{G}$ bezeichneten Gattung und T eine irreductible ganze Grösse des Rationalitätsbereichs $(\mathfrak{R}',\mathfrak{R}'',\mathfrak{R}''',\dots)$. Es sei ferner:

$$F(\mathfrak{R})\equiv f_1(\mathfrak{R})^{n_1}f_2(\mathfrak{R})^{n_2}\dots(\text{mod. }P),$$

wo $f_1(\mathfrak{R}), f_2(\mathfrak{R}),\dots$ als irreductibel, im Sinne der Congruenz *modulo* P, vorausgesetzt werden. Ist nun einer der Exponenten $n_1, n_2,\dots$ grösser als Eins, so haben offenbar $F(\mathfrak{R})$ und $F'(\mathfrak{R})$ einen gemeinsamen Theiler *modulo* P, wenn $F'(\mathfrak{R})$ die nach $\mathfrak{R}$ genommene Ableitung von $F(\mathfrak{R})$ bedeutet. Sind aber sämmtliche Exponenten $n_1, n_2,\dots$ gleich Eins, so können $F(\mathfrak{R})$ und $F'(\mathfrak{R})$ nur dann einen gemeinsamen Theiler *modulo* P haben, wenn einer der Factoren $f(\mathfrak{R})$ einen solchen Theiler

[1] Vergl. §. 18 meiner Festschrift zu Hrn. KUMMER's Doctorjubiläum.

mit der Ableitung $f'(\mathfrak{R})$ gemein hat. Dies kann aber, da $f(\mathfrak{R})$ irreductibel ist, nur dann der Fall sein, wenn $f'(\mathfrak{R}) \equiv 0 \pmod{P}$ ist.[1] Setzt man nun:

$$f(\mathfrak{R}) = A_0\mathfrak{R}^m + A_1\mathfrak{R}^{m-1} + \ldots + A_{m-1}\mathfrak{R} + A_m,$$

so wird:

$$f'(\mathfrak{R}) = mA_0\mathfrak{R}^{m-1} + (m-1)A_1\mathfrak{R}^{m-2} + \ldots + A_{m-1},$$

und, da A_0 nicht durch P theilbar ist, muss $m \equiv 0 \pmod{P}$ sein. Es muss also die irreductible ganze Grösse P eine gewöhnliche Primzahl sein, welche nun mit p bezeichnet werden möge. Alsdann muss:

$$(m-h)A_h \equiv 0 \pmod{p} \qquad (h = 0, 1, 2, \ldots m-1)$$

sein, und da $m \equiv 0 \pmod{p}$ ist, so können nur diejenigen Coefficienten A, deren Index durch p theilbar ist, *modulo* p von Null verschieden sein. Die Function $f(\mathfrak{R})$ muss daher einer Function $\phi(\mathfrak{R}^p)$ *modulo* p congruent sein, wenn $\phi(x)$ eine ganze Function von x bedeutet, deren Coefficienten ganze Grössen des Rationalitätsbereichs $(\mathfrak{R}', \mathfrak{R}'', \mathfrak{R}''', \ldots)$ sind. Wenn dies der Fall ist, so wird in der That $f'(\mathfrak{R}) \equiv 0 \pmod{p}$, und es ergiebt sich also,

> dass für einen irreductibeln Factor der Discriminante als Modul dann und nur dann die Darstellung von $F(\mathfrak{R})$ als Product von lauter verschiedenen irreductibeln Factoren möglich ist, wenn jener Modul eine Primzahl p und einer dieser verschiedenen irreductibeln Factoren eine ganze Function von $\mathfrak{R}^p$ ist.

Für den Fall des absoluten Rationalitätsbereichs treten an Stelle der ganzen Grössen des mit $(\mathfrak{R}', \mathfrak{R}'', \mathfrak{R}''', \ldots)$ bezeichneten Bereichs die gewöhnlichen ganzen Zahlen. Alsdann ist auf Grund des Fermat'schen Satzes:

$$\phi(\mathfrak{R}^p) \equiv \left(\phi(\mathfrak{R})\right)^p \pmod{p},$$

und eine solche Function $\phi(\mathfrak{R}^p)$ ist daher *modulo* p niemals irreductibel. Jenes ausnahmsweise Verhalten gewisser Primfactoren der Discriminante tritt also für den absoluten Rationalitätsbereich niemals ein.

§. 19.

Die im vorigen Paragraphen entwickelte Eigenschaft der Coefficienten der mit $T(z)$ bezeichneten ganzen Function:

$$(z-\mu)(z-\mu_0)(z-\mu_1)\ldots(z-\mu_{n-1})$$

kann mit Hülfe der Ausdrücke:

[1] Dieser Fall ist von mir a. a. O. §. 25 der citirten Festschrift übersehen worden.

$$\mu = \pm n \frac{\vartheta_3^2(0, 2nw)}{\vartheta_3^2(0, 2w)}, \quad \mu_h = \frac{\vartheta_3^2\left(0, 2\frac{h+w}{n}\right)}{\vartheta_3^2(0, 2w)} \qquad (h = 0, 1, \ldots n-1)$$

direct hergeleitet werden. Man sieht nämlich zuvörderst, dass die Coefficienten von $T(z)$ ganze ganzzahlige Functionen von $\varkappa$ sind; denn sie sind, wie oben gezeigt worden, ganze Grössen des Bereichs $(\rho, \varkappa)$ oder $\left(\varkappa + \frac{1}{\varkappa}, \varkappa\right)$, und sie behalten offenbar auch für $e^{w\pi i} = 0$, also für $\varkappa = 0$, endliche Werthe. Es leuchtet ferner ein, dass für jede ganze Zahl t die Entwickelung von:

$$\mu^t + \mu_0^t + \mu_1^t + \ldots + \mu_{n-1}^t$$

nach steigenden Potenzen von $e^{w\pi i}$ lauter durch n theilbare Coefficienten hat. Ist nun der Werth dieser $t$ten Potenz der $n+1$ Grössen μ gleich:

$$a_0 + a_1\varkappa + a_2\varkappa^2 + \ldots + a_r\varkappa^r,$$

so müssen ersichtlich die ganzzahligen Coefficienten $a_0, a_1, a_2, \ldots a_r$ sämmtlich durch die Primzahl n theilbar sein, damit auch hier die Entwickelung nach Potenzen von $e^{w\pi i}$ lauter durch n theilbare Coefficienten habe.

Aus den Congruenzen:

$$\mu^t + \mu_0^t + \mu_1^t + \ldots + \mu_{n-1}^t \equiv 0 \pmod{n} \qquad (t = 0, 1, 2, \ldots n)$$

folgt, wie im vorigen Paragraphen, mit Hülfe der NEWTON'schen Formeln, dass die Function $T(z)$, d. i.:

$$(z-\mu)(z-\mu_0)(z-\mu_1)\ldots(z-\mu_{n-1}),$$

sich *modulo* n auf eine Function:

$$z^{n+1} - \theta_1 z$$

reduciren muss, in welcher θ_1 eine ganze Grösse des Bereichs $(\varkappa)$ bedeutet. Dabei kann θ_1 nicht durch n theilbar sein; denn sonst würde eine Gleichung:

$$\mu_0^{n+1} = nf(\mu_0, \varkappa)$$

bestehen, in welcher $f(\mu_0, \varkappa)$ eine ganze Grösse des Bereichs $(\mu_0, \varkappa)$ wäre. Die Entwickelung nach steigenden Potenzen von $e^{w\pi i}$ würde also auf der rechten Seite lauter durch n theilbare Coefficienten ergeben, während dies auf der linken Seite nicht der Fall ist, da z. B. der erste Coefficient, d. h. der Werth von μ_0 für $\varkappa = 0$, offenbar gleich Eins ist.

Bezeichnet man jetzt das Product: $(z-\mu)(z-\mu_0)(z-\mu_1)\ldots(z-\mu_{n-1})$ als ganze Grösse des Bereichs $(z, \varkappa)$ mit:

$$T(z, \varkappa),$$

und mit $T_1(z, x)$, $T_2(z, x)$ resp. die beiden in Beziehung auf z und x genommenen partiellen Ableitungen, so wird:

$$\frac{d\mu}{dx} = -\frac{T_2(\mu, x)}{T_1(\mu, x)}.$$

Da nun:

$$-T_1(\mu, x) \equiv \theta_1 \ (\text{mod.}\ \mu)$$

ist, so zeigt sich, dass $\frac{d\mu}{dx}$ sich als eine rationale Function von μ und x darstellen lässt, deren Nenner durch den Primdivisor μ nicht theilbar ist.

Berücksichtigt man ferner die Relationen:

$$\mu^2 = \frac{nx(1-x^2)}{\lambda(1-\lambda^2)}\frac{d\lambda}{dx}, \quad n = \mu\mu',$$

aus denen sich für den Differentialquotienten $\frac{d\lambda}{dx}$ der Werth:

$$\frac{\mu\lambda(1-\lambda^2)}{\mu' x(1-x^2)}$$

ergiebt, so sieht man, dass auch dieser Differentialquotient sich als eine rationale Function von μ und x darstellen lässt, deren Nenner durch den Primdivisor μ nicht theilbar ist.

§. 20.

Jacobi stellt in dem oben in der Einleitung citirten Aufsatze eine partielle Differentialgleichung auf, welcher Zähler und Nenner der Transformationsformel genügen. Wenn nämlich, wie an dem bezeichneten Orte:

$$x = \sqrt{x}\,\text{sin am}(u, x), \quad y = \sqrt{\lambda}\,\text{sin am}(\mu u, \lambda),$$

$$y = \frac{\sum\limits_h B_h x^{n-2h}}{\sum\limits_h B_h x^{2h}} \qquad \left(h = 0, 1, \ldots \tfrac{1}{2}(n-1)\right),$$

$$B_0 = \sqrt{\frac{\lambda'\mu}{n'}}, \quad B_{\frac{1}{2}(n-1)} = B_0\mu\sqrt{\frac{\lambda}{x}}$$

gesetzt wird, so wird nach Jacobi die partielle Differentialgleichung:

$$(72) \quad n(n-1)x^2z + (n-1)(\rho x - 2x^3)\frac{\partial z}{\partial x} + (1 - \rho x^2 + x^4)\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = 2n(\rho^2 - 4)\frac{\partial z}{\partial \rho}$$

sowohl durch:

$$z = \sum_h B_h x^{n-2h} \text{ als auch durch: } z = \sum_h B_h x^{2h} \qquad \left(h = 0, 1, \ldots \tfrac{1}{2}(n-1)\right)$$

befriedigt. Substituirt man nun in der partiellen Differentialgleichung für z die eine oder die andere dieser beiden ganzen Functionen von x, so ergiebt sich eine und dieselbe Beziehung zwischen drei aufeinander folgenden Coefficienten B, nämlich die Gleichung:

$$(73)\quad (2h+1)(2h+2)B_{h+1}+2h(n-2h)\rho B_h+(n-2h+1)(n-2h+2)B_{h-1}=2n(\rho^2-4)B'_h,$$

in welcher B'_h die nach ρ genommene Ableitung von B_h bedeutet, und welche für die $\frac{1}{2}(n+1)$ Werthe:

$$h=0,1,2,\ldots\tfrac{1}{2}(n-1)$$

gilt, wenn darin B_{-1} und $B_{\frac{1}{2}(n+1)}$ gleich Null gesetzt werden.

Diese Gleichung genügt offenbar, um — wie sich JACOBI a. a. O. ausdrückt — die sämmtlichen Coefficienten B zu finden, und sie soll deshalb als »die JACOBI'sche Recursionsformel« zur Bestimmung der bei der Transformation der elliptischen Functionen auftretenden Coefficienten bezeichnet werden.[1]

Eben diese JACOBI'sche Recursionsformel ist es nun, aus welcher ich jenes im §. 14 entwickelte und dort mit (63) bezeichnete Hauptresultat zuerst abgeleitet habe, und ich will die dabei benutzte Methode nunmehr auseinandersetzen.

In den hier im Anschluss an JACOBI gewählten Bezeichnungen kann das abzuleitende Resultat dahin formulirt werden,

> dass der Quotient $\frac{B_h}{\mu B_0}$, für $h>0$, eine ganze algebraische, dem Bereiche (ρ) entstammende Grösse darstellt;

dasselbe Resultat kann also einfach durch die Congruenz:

$$(74)\quad B_h\equiv 0\left(\text{mod. } B_{\frac{1}{2}(n-1)}\right)\qquad \left(h=1,2,\ldots\tfrac{1}{2}(n-1)\right)$$

ausgedrückt werden.

Um diese Congruenz zuvörderst für $h=\frac{1}{2}(n-3)$ zu erweisen, setze ich in der JACOBI'schen Recursionsformel (73) $h=\frac{1}{2}(n-1)$. Dabei ergiebt sich die Relation:

$$2\cdot 3\cdot B_{\frac{1}{2}(n-3)}+\rho(n-1)B_{\frac{1}{2}(n-1)}=2n(\rho^2-4)B'_{\frac{1}{2}(n-1)},$$

und hieraus folgt mit Benutzung der Gleichung: $n=\mu\mu'$ die Congruenz:

$$(75)\quad 3B_{\frac{1}{2}(n-3)}\equiv\mu\mu'(\rho^2-4)B'_{\frac{1}{2}(n-1)}\left(\text{mod. } B_{\frac{1}{2}(n-1)}\right).$$

[1] Die JACOBI'sche Recursionsformel liefert offenbar auch eine Darstellung jeder Grösse B_h als ganze lineare homogene Function der Grösse B_0 und ihrer successiven Differentialquotienten: $B'_0, B''_0, \ldots B^{(h)}_0$, wobei die Coefficienten ganze Functionen von ρ werden.

Da nun, wenn zur Abkürzung $\frac{\varkappa'}{\lambda'}\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}}$ mit χ bezeichnet wird, die zwischen $B_{\frac{1}{2}(n-1)}$ und B_0 bestehende Relation durch die Gleichung:

$$B_{\frac{1}{2}(n-1)} = \chi B_0^3$$

dargestellt werden kann, so ist:

$$B'_{\frac{1}{2}(n-1)} = B_0^3 \frac{d\chi}{d\rho} + 3\chi B_0^2 \frac{dB_0}{d\rho},$$

oder unter Benutzung der Gleichung: $B_0 = \sqrt{\frac{\mu\lambda'}{\varkappa'}}$:

$$B'_{\frac{1}{2}(n-1)} = B_0^3 \frac{d\chi}{d\rho} + \frac{3}{2}\chi B_0 \frac{d\left(\frac{\mu\lambda'}{\varkappa'}\right)}{d\rho}.$$

Beide Differentialquotienten auf der rechten Seite sind als rationale Functionen von $\varkappa, \varkappa', \sqrt{\varkappa}, \sqrt{\lambda}, \mu$ so darstellbar, dass der Nenner zu μ prim wird. Denn von den Differentialquotienten $\frac{d\lambda}{d\varkappa}, \frac{d\mu}{d\varkappa}$ ist dies oben gezeigt worden. Der Differentialquotient $\frac{d\varkappa}{d\rho}$ hat den Werth $\frac{\varkappa^2}{\varkappa^2-1}$, die Grössen $\sqrt{\lambda}$ und $\sqrt{\varkappa}$ sind ganze algebraische, dem Bereiche (ρ) entstammende Einheiten, und an Stelle einer Potenz von λ' kann im Nenner eine Potenz von $\varkappa'$ eingeführt werden, da:

$$\frac{1}{\lambda'} = \frac{1}{\varkappa'^n} \prod_h \Delta^2 \mathrm{am} \frac{4hK}{n} \qquad (h = 1, 2, \ldots n-1)$$

und das Product auf der rechten Seite eine ganze algebraische, dem Bereiche ρ entstammende Grösse ist.

Man ersieht daher, dass $\mu B'_{\frac{1}{2}(n-1)}$ und also, wegen der Congruenz (75), auch $3B_{\frac{1}{2}(n-3)}$ sich als rationale Function von $\varkappa, \varkappa'$, $\sqrt{\varkappa}, \sqrt{\lambda}, \mu$ so darstellen lässt,

> dass der Zähler die Grösse μB_0 oder die damit absolut aequivalente Grösse $B_{\frac{1}{2}(n-1)}$ als Factor enthält und der Nenner zu μ prim wird.

Bezeichnet man diesen Nenner mit N, so wird:

$$3B_{\frac{1}{2}(n-3)} N \equiv 0 \left(\text{mod. } B_{\frac{1}{2}(n-1)}\right);$$

es wird ferner, da der Quotient des Divisors von $B_{\frac{1}{2}(n-3)}$ durch B_0

eine **ganze** algebraische Grösse des Gattungsbereichs $\left(\rho\,,\,\mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}}\right)$ ist:

$$\mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}}\,B_{\frac{1}{2}(n-3)} \equiv 0 \left(\text{mod. } B_{\frac{1}{2}(n-1)}\right),$$

und aus diesen beiden Congruenzen folgt, unter der Voraussetzung, dass $n > 3$ ist, die zu erweisende Congruenz:

$$B_{\frac{1}{2}(n-3)} \equiv 0 \left(\text{mod. } B_{\frac{1}{2}(n-1)}\right). \tag{76}$$

Für $h = \frac{1}{2}(n-3)$ liefert die Gleichung (73) folgende Relation:

$$10 B_{\frac{1}{2}(n-5)} \equiv \mu\mu'(\rho^2 - 4)\,B'_{\frac{1}{2}(n-3)} \left(\text{mod. } B_{\frac{1}{2}(n-1)}\right). \tag{77}$$

Da der Quotient der Division von $B_{\frac{1}{2}(n-3)}$ durch $B_{\frac{1}{2}(n-1)}$ gemäss der Congruenz (76) eine ganze algebraische und zwar dem Gattungsbereiche $\left(\rho\,,\,\mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}}\right)$ oder $(\rho\,,\,\varkappa\,,\,\mu)$[1] angehörige Grösse ist, so kann derselbe in der Form:

$$\frac{R(\mu\,,\,\rho\,,\,\varkappa)}{T_1(\mu\,,\,\varkappa)}$$

dargestellt werden, wo $R(\mu\,,\,\rho\,,\,\varkappa)$ eine **ganze** ganzzahlige Function von $\mu\,,\,\rho\,,\,\varkappa$ bedeutet. Denn, wenn man jenen Quotienten mit Q und die n übrigen conjugirten, den Werthen $\mu_0\,,\,\mu_1\,,\,\ldots\,\mu_{n-1}$ entsprechenden Grössen mit $Q_0\,,\,Q_1\,,\,\ldots\,Q_{n-1}$ bezeichnet, so bestimmt sich eine ganze Function von z, welche für:

$$z = \mu\,,\,\mu_0\,,\,\mu_1\,,\,\ldots\,\mu_{n-1}$$

beziehungsweise die Werthe:

$$QT_1(\mu\,,\,\varkappa)\,,\;Q_0T_1(\mu_0\,,\,\varkappa)\,,\;Q_1T_1(\mu_1\,,\,\varkappa)\,,\;\ldots\;Q_{n-1}T_1(\mu_{n-1}\,,\,\varkappa)$$

annimmt, mittels der LAGRANGE'schen Interpolationsformel als **ganze** Function $n$ten Grades von z, deren Coefficienten ganze ganzzahlige Functionen von ρ und $\varkappa$ sind. Bezeichnet man dieselbe mit $R(z\,,\,\rho\,,\,\varkappa)$, so wird also:

$$B_{\frac{1}{2}(n-3)}\,T_1(\mu\,,\,\varkappa) = B_{\frac{1}{2}(n-1)}\,R(\mu\,,\,\rho\,,\,\varkappa)$$

und folglich:

$$B'_{\frac{1}{2}(n-3)}T_1(\mu\,,\varkappa) = -B_{\frac{1}{2}(n-3)}T'_1(\mu\,,\varkappa) + B'_{\frac{1}{2}(n-1)}R(\mu\,,\rho\,,\varkappa) + B_{\frac{1}{2}(n-1)}R'(\mu\,,\rho\,,\varkappa),$$

wo die oberen Striche durchweg die nach ρ genommenen Ableitungen

[1] Vergl. die Auseinandersetzungen am Schlusse des §. 13.

bedeuten. Aus diesen Gleichungen ergiebt sich bei Anwendung der Congruenzen (75) und (76), dass der Quotient:

$$\frac{\mu B'_{\frac{1}{2}(n-3)} T_1(\mu, \varkappa)}{B_{\frac{1}{2}(n-1)}}$$

und also wegen der Congruenz (77) auch der Quotient:

$$\frac{10 B_{\frac{1}{2}(n-5)} T_1(\mu, \varkappa)}{B_{\frac{1}{2}(n-1)}}$$

als rationale Function von μ, $\varkappa$ dargestellt werden kann, deren Nenner zu μ prim ist. Da nun $T_1(\mu, \varkappa)$ nach §. 19 zu μ prim ist, so muss auch der Quotient:

$$\frac{5 B_{\frac{1}{2}(n-5)}}{B_{\frac{1}{2}(n-1)}}$$

sich als ganze Function von μ, $\varkappa$ so darstellen lassen, dass der Nenner zu μ prim ist. Es muss also eine Congruenz:

$$5 B_{\frac{1}{2}(n-5)} N \equiv 0 \quad \left(\text{mod.}\, B_{\frac{1}{2}(n-1)}\right)$$

bestehen, in welcher N zu μ prim ist, und aber auch eine Congruenz:

$$\mu \sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}}\, B_{\frac{1}{2}(n-5)} \equiv 0 \quad \left(\text{mod.}\, B_{\frac{1}{2}(n-1)}\right),$$

weil der Quotient der Division von $B_{\frac{1}{2}(n-5)}$ durch B_0 eine ganze algebraische Grösse des Gattungsbereichs $\left(\rho, \mu\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}}\right)$ ist. Aus diesen beiden Congruenzen folgt nun unmittelbar, wie oben, dass:

$$B_{\frac{1}{2}(n-5)} \equiv 0 \quad \left(\text{mod.}\, B_{\frac{1}{2}(n-1)}\right)$$

sein muss, wenn $n > 5$ ist, und man erschliesst genau in derselben Art weiter, dass auch für alle Indices:

$$h = \tfrac{1}{2}(n-7),\ \tfrac{1}{2}(n-9), \ldots 1$$

die Congruenz (74) besteht.

§. 21.

In den vorhergehenden Paragraphen ist n als Primzahl vorausgesetzt worden. Bedeutet aber nunmehr n eine beliebige ungrade Zahl und wird für die Transformation $n$ter Ordnung:

$$x = \sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am}(u, \varkappa), \quad y = \sqrt{\lambda}\,\sin\operatorname{am}(\mu u, \lambda)$$

$$y = \frac{\sum\limits_r \tau_r x^{2r+1}}{\sum\limits_r \tau_r x^{n-2r-1}} \qquad \left(r = 0, 1, 2, \ldots \tfrac{1}{2}(n-1)\right)$$

gesetzt, so ist auch in diesem allgemeinen Falle $\tau_{\frac{1}{2}(n-1)} = 1$, und die übrigen Coefficienten τ sind sämmtlich ganze algebraische, dem Bereiche (ρ) entstammende Grössen, da sie ganze ganzzahlige Functionen der Grössen:

$$\sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am}\frac{4hK + 2h'K'i}{n}$$

sind.[1] Setzt man nun noch zur Abkürzung:

$$\sum_r \tau_r x^{2r+1} = P, \quad \sum_r \tau_r x^{n-2r-1} = Q,$$

$$\sum_r (2r+1)\tau_r x^{2r} = P', \quad \sum_r (n-2r-1)\tau_r x^{n-2r-2} = Q'$$

$$\left(r = 0, 1, 2, \ldots \tfrac{1}{2}(n-1)\right),$$

so wird einerseits:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{P'Q - PQ'}{Q^2},$$

andererseits:

$$\frac{dy}{dx} = \mu \sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}} \sqrt{\frac{1 - \rho y^2 + y^4}{1 - \rho x^2 + x^4}} = \frac{\mu}{Q^2}\sqrt{\frac{\lambda}{\varkappa}}\sqrt{\frac{P^4 - \rho P^2 Q^2 + Q^4}{1 - \rho x^2 + x^4}},$$

und es resultirt daher die Gleichung:

$$\frac{\lambda\mu^2}{\varkappa}(P^4 - \rho P^2 Q^2 + Q^4) = (1 - \rho x^2 + x^4)(P'Q - PQ')^2.$$

Setzt man hierin $x = 0$, so zeigt sich, dass $\frac{\lambda\mu^2}{\varkappa} = \tau_0^2$ ist. Demnach wird:

$$(1 - \rho x^2 + x^4)(P'Q - PQ')^2 \equiv 0 \pmod{\tau_0^2},$$

und man gelangt somit zu der bemerkenswerthen Congruenz:

$$(78) \qquad P'Q - PQ' \equiv 0 \pmod{\tau_0}.$$

Substituirt man in dieser Congruenz für P, P', Q, Q' die obigen Ausdrücke, so kommt:

$$\sum (2r + 2s + 2 - n)\tau_r \tau_s x^{n+2r-2s-1} \equiv 0 \pmod{\tau_0} \qquad \left(r, s = 0, 1, \ldots \tfrac{1}{2}(n-1)\right),$$

und endlich, da nach der Formel (27) des §. 4 das Product sämmtlicher Grössen:

$$\sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am}\frac{4hK + 2h'K'i}{n} \qquad (h, h' = 0, 1, \ldots n-1 \text{ ausser } h = h' = 0)$$

[1] Vergl. die Formel (54) im §. 12.

den absoluten Werth n hat und τ_0 gleich dem Product von $n-1$ dieser Grössen, also $n \equiv 0 \pmod{\tau_0}$ ist:

$$\sum_{r,s} (r+s+1)\tau_r \tau_s \equiv 0 \pmod{\tau_0},$$

wenn die Summation auf alle diejenigen Werthe $r, s = 0, 1, \ldots \frac{1}{2}(n-1)$ erstreckt wird, wofür die Differenz $r-s$ einen festen Werth hat. Diese Congruenz kann daher in folgender Weise dargestellt werden:

$$(79) \qquad \sum_r (2r+h+1)\tau_r \tau_{h+r} \equiv 0 \pmod{\tau_0} \qquad \left(r = 0, 1, 2, \ldots \tfrac{1}{2}(n-1) - h\right),$$

in welcher sie für alle $\frac{1}{2}(n+1)$ Werthe:

$$h = 0, 1, 2, \ldots \tfrac{1}{2}(n-1)$$

Geltung hat.

Aus der Congruenz (79) ist zu erschliessen, dass für eine Primzahl n:

$$(80) \qquad \tau_r \equiv 0 \pmod{\tau_0} \qquad \left(r = 0, 1, 2, \ldots \tfrac{1}{2}(n-3)\right)$$

ist. Denn wenn man das Bestehen dieser Congruenz für:

$$r = 0, 1, 2, \ldots \tfrac{1}{2}(n-3) - h$$

voraussetzt, so werden in dem Summenausdruck auf der linken Seite der Congruenz (79) die sämmtlichen, den Werthen:

$$r = 0, 1, 2, \ldots \tfrac{1}{2}(n-3) - h$$

entsprechenden Terme congruent Null; es bleibt daher nur der dem Werthe $r = \frac{1}{2}(n-1) - h$ entsprechende Term übrig, und da für diesen Werth von r der Coefficient τ_{h+r} den Werth Eins hat, so resultirt die Congruenz:

$$(n-h)\tau_{\frac{1}{2}(n-1)-h} \equiv 0 \pmod{\tau_0}.$$

Der Modul τ_0 ist ein algebraischer Divisor der Primzahl n, und es ist daher $g(n-h) \equiv 1 \pmod{\tau_0}$, wenn die ganze Zahl g so gewählt wird, dass $gh+1 \equiv 0 \pmod{n}$ wird. Hiernach wird endlich:

$$g(n-h)\tau_{\frac{1}{2}(n-1)-h} \equiv \tau_{\frac{1}{2}(n-1)-h} \equiv 0 \pmod{\tau_0},$$

und die Congruenz (80) erweist sich also in der That auch für $r = \frac{1}{2}(n-1) - h$ als gültig.

Die hier gegebene Entwickelung enthält eine neue (dritte) Herleitung jenes Hauptresultats, welches im §. 14 hervorgehoben und mit (63) bezeichnet worden ist; denn eben dieses Hauptresultat ist vollständig in den $\frac{1}{2}(n-1)$ Congruenzen ausgedrückt, welche durch die Congruenz (80) dargestellt werden, wenn man darin der Reihe nach $r = 0, 1, 2, \ldots \frac{1}{2}(n-3)$ setzt.

§. 22.

Um die JACOBI'sche Recursionsformel (73), nach JACOBI's eigenem Vorgange, auf die **Multiplication** der elliptischen Functionen anzuwenden, braucht man darin nur:

$$n^2 \text{ statt } n \text{ und ferner } B_0 = \sqrt{n}\,,\; B_{\frac{1}{2}(n^2-1)} = n\sqrt{n}$$

zu setzen. Gemäss der Multiplicationsformel (4)* im §. 1 wird dann:

$$B_{\nu-r+1} = \phi_{nr} B_0 \qquad \left(r=0,1,2,\ldots\nu;\; \nu=\tfrac{1}{2}(n^2-3)\right),$$

und diese Relation gilt auch für $r=\nu+1$, wenn $\phi_{n,\nu+1}=1$ genommen wird. Substituirt man diese Werthe der Coefficienten B in der Formel (73), so geht dieselbe in folgende über:

$$\begin{aligned}(81)\quad (n^2-2r)(n^2-2r+1)\,\phi_{n,r-1} + (n^2-2r-1)(2r+1)\rho\phi_{nr}\\ +(2r+2)(2r+3)\,\phi_{n,r+1} = 2n^2(\rho^2-4)\,\phi'_{nr},\end{aligned}$$

welche für:

$$r = 0\,,1\,,2\,,\ldots \tfrac{1}{2}(n^2-1)$$

gilt, wenn darin:

$$\phi_{n,-1}=0\,,\; \phi_{n,\frac{1}{2}(n^2+1)}=0$$

und für alle Werthe von r:

$$\phi'_{nr} = \frac{d\phi_{nr}}{d\rho}$$

gesetzt wird. Da die Grössen ϕ_{nr} und also auch die Grössen ϕ'_{nr} **ganze Grössen** des natürlichen Rationalitätsbereichs (ρ) sind, so folgt aus der Gleichung (81) die Congruenz:

$$(82)\quad 2r(2r-1)\,\phi_{n,r-1} - (2r+1)^2\rho\phi_{nr} + (2r+2)(2r+3)\,\phi_{n,r+1} \equiv 0 \;(\text{mod.}\, n^2).$$

Diese Congruenz vereinfacht sich in formaler Hinsicht, wenn an Stelle der Coefficienten ϕ_{nr} selbst die Grössen $(2r+1)\,\phi_{nr}$ eingeführt werden. Setzt man nämlich:

$$(2r+1)\,\phi_{nr} = \psi_{nr}\,,$$

so geht die Congruenz (82) in folgende über:

$$(83)\qquad 2r\psi_{n,r-1} - (2r+1)\rho\psi_{nr} + (2r+2)\,\psi_{n,r+1} \equiv 0 \;\;(\text{mod.}\, n^2),$$

und diese Formel bietet eine vollkommene Analogie mit einer Recursionsformel dar, welche zwischen drei aufeinander folgenden **Kugelfunctionen** besteht.

Setzt man nämlich in üblicher Weise:

$$\frac{1}{\sqrt{1-\rho z^2+z^4}} = \sum_r P^{(r)}\left(\tfrac{1}{2}\rho\right) z^{2r} \qquad (r=0\,,1\,,2\,,\ldots \text{ in inf.})$$

und differentiirt die identische Gleichung:

$$\sqrt{1-\rho z^2+z^4}\sum_r P^{(r)}(\tfrac{1}{2}\rho)\,z^{2r}=1$$

nach z, so kommt:

$$\sum_{r=0}^{r=\infty} P^{(r)}(\tfrac{1}{2}\rho)\left(2rz^{2r-1}-(2r+1)\rho z^{2r+1}+(2r+2)z^{2r+3}\right)=0,$$

und hieraus geht unmittelbar die Recursionsformel:

$$2rP^{(r-1)}(\tfrac{1}{2}\rho)-(2r+1)\rho P^{(r)}(\tfrac{1}{2}\rho)+(2r+2)P^{(r+1)}(\tfrac{1}{2}\rho)=0 \tag{84}$$

hervor, welche für $r=0, 1, 2, \ldots$ in inf. Geltung hat.

Bezeichnet man nun zur Abkürzung $(-1)^{\frac{1}{2}(n-1)}$ mit ε und die Differenz $\varepsilon nP^{(r)}(\frac{1}{2}\rho)-\psi_{nr}$ mit Δ_r, so wird $\Delta_0=0$, da $\phi_{n0}=\varepsilon n$ und $P^{(0)}(\frac{1}{2}\rho)=1$ ist. Wegen der Congruenz (83) und der Gleichung (84) besteht ferner für die Grössen Δ_r die Relation:

$$2r\Delta_{r-1}-(2r+1)\rho\Delta_r+(2r+2)\Delta_{r+1}\equiv 0 \pmod{n^2}$$

und zwar schon für den Werth $r=0$, wenn Δ_{-1} gleich Null gesetzt wird. Hieraus erschliesst man unmittelbar, dass die Grössen $\Delta_0, \Delta_1, \Delta_2, \ldots$ sämmtlich congruent Null sind, so lange der Index nicht mit n einen gemeinsamen Theiler hat. Die Congruenz:

$$\psi_{nr}\equiv\varepsilon nP^{(r)}(\tfrac{1}{2}\rho) \quad\text{oder}\quad (2r+1)\phi_{nr}\equiv\varepsilon nP^{(r)}(\tfrac{1}{2}\rho) \pmod{n^2} \tag{85}$$

besteht daher, wenn n Primzahl ist, für alle Werthe von r, die kleiner als n sind.

So ist, um ein Beispiel anzuführen, für $n=5$:

$$3\phi_{5,1}=-3\cdot 20\rho\equiv 5P^{(1)}(\tfrac{1}{2}\rho)=\tfrac{1}{2}\cdot 5\rho,$$

$$5\phi_{5,2}=5(16\rho^2+62)\equiv 5P^{(2)}(\tfrac{1}{2}\rho)=5\cdot\frac{3}{2}\left(\frac{\rho^2}{4}-\frac{1}{3}\right),$$

$$7\phi_{5,3}=-7\cdot 80\rho\equiv 5P^{(3)}(\tfrac{1}{2}\rho)=5\cdot\frac{5}{2}\left(\frac{\rho^3}{8}-\frac{3\rho}{10}\right),$$

$$9\phi_{5,4}=-9\cdot 105\equiv 5P^{(4)}(\tfrac{1}{2}\rho)=5\cdot\frac{35}{8}\left(\frac{\rho^4}{16}-\frac{3\rho^2}{14}+\frac{3}{35}\right),$$

und die Congruenzen sind hier sämmtlich *modulo* 25 zu nehmen.

Gemäss der Definition der Kugelfunction $P^{(r)}(\frac{1}{2}\rho)$ als Entwickelungscoefficient ist:

$$2^{2r}P^{(r)}(\tfrac{1}{2}\rho)=\sum_h c_h(-4)^h\rho^{r-2h} \qquad (0\leq h\leq\tfrac{1}{2}r),$$

wo:

$$c_h=\frac{(2r-2h)!}{h!\,(r-h)!\,(r-2h)!}$$

ist. Da nun c_h als der Coefficient von $x^hy^{r-h}z^{r-2h}$ in der Entwickelung von $(x+y+z)^{2r-2h}$ aufgefasst werden kann, so erhellt, dass

$2^{2r} P^{(r)}(\frac{1}{2}\rho)$ eine ganze Grösse des Bereichs (ρ) ist. Durch die Congruenz (85) wird es also in Evidenz gesetzt, dass, wie schon oben gezeigt worden ist, die ersten $\frac{1}{2}(n-1)$ Coefficienten der Multiplicationsformel (4), nämlich:

$$\phi_{n0},\ \phi_{n1},\ \phi_{n2},\ \ldots\ \phi_{n,\frac{1}{2}(n-3)}$$

durch n theilbar sind, wenn n Primzahl ist. Aus derselben Congruenz geht ferner hervor, dass der folgende Coefficient, nämlich:

$$\phi_{n,\frac{1}{2}(n-1)}$$

durch n nicht theilbar ist. Denn sonst müsste jener Congruenz gemäss $P^{(r)}(\frac{1}{2}\rho)$ für $r = \frac{1}{2}(n-1)$ durch n theilbar sein, während doch für diesen Werth von r der Zähler von c_h gleich:

$$(n-2h-1)!$$

wird, also für keinen der Werthe von h die Primzahl n als Theiler enthält.

Dass, wie hier dargethan worden, für eine Primzahl n der mit $\phi_{n,\frac{1}{2}(n-1)}$ bezeichnete Coefficient der Gleichung $\Phi_n(x) = 0$ nicht congruent Null *modulo n* ist, lässt sich auch direct erschliessen, wenn man denselben durch die Wurzeln der Gleichung $\Phi_n(x) = 0$ ausdrückt. Alsdann wird nämlich $\phi_{n,\frac{1}{2}(n-1)}$ gleich der Summe der Producte von je $n^2 - n$ der Grössen:

$$\sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am}\frac{4hK + 2h'K'i}{n} \qquad (h, h' = 0, 1, \ldots n-1),$$

und unter diesen Producten ist offenbar nur das eine:

$$\prod_h \prod_{h'} \sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am}\frac{4hK + 2h'K'i}{n} \qquad \begin{pmatrix} h = 0, 1, 2, \ldots n-1 \\ h' = 1, 2, \ldots n-1 \end{pmatrix},$$

welche nicht eine der Grössen:

$$\sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am}\frac{4hK}{n} \qquad (h = 1, 2, \ldots n-1)$$

als Factor enthält. Es besteht also die Congruenz:

$$\phi_{n,\frac{1}{2}(n-1)} \equiv \prod_h \prod_{h'} \sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am}\frac{4hK + 2h'K'i}{n} \qquad \begin{pmatrix} h = 0, 1, 2, \ldots n-1 \\ h' = 1, 2, \ldots n-1 \end{pmatrix}$$

für den Modul:

$$\sqrt{\varkappa}\,\sin\operatorname{am}\frac{4K}{n},$$

und da für denselben Modul auf Grund des Additionstheorems:

$$\sin\mathrm{am}\,\frac{4hK + 2h'K'i}{n} = \sin\mathrm{am}\,\frac{2h'K'i}{n}$$

und also:

$$\phi_{n,\frac{1}{2}(n-1)} = \prod_{h'}\left(\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\,\frac{2h'K'i}{n}\right)^{n} \qquad (h' = 1, 2, \ldots n-1)$$

ist, so wird ersichtlich, dass $\phi_{n,\frac{1}{2}(n-1)}$ nicht durch $\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\,\frac{2K}{n}$ und also auch nicht durch n theilbar sein kann. Denn sonst müsste für einen der Werthe von h':

$$\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\,\frac{2h'K'i}{n} \equiv 0 \left(\mathrm{mod.}\ \sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\,\frac{2K}{n}\right)$$

sein, und da die beiden Grössen $\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\,\frac{2K}{n}$ und $\sqrt{\varkappa}\,\sin\mathrm{am}\,\frac{2h'K'i}{n}$ in der durch sie repraesentirten Gattung Primdivisoren sind, so müssten sie einander absolut aequivalent sein. Dass dies aber nicht der Fall ist, habe ich schon oben im §. 15 nachgewiesen.

Histologische Untersuchungen über das Nervensystem der Chaetopoden.

Von Dr. Emil Rohde
in Breslau.

(Vorgelegt von Hrn. Schulze.)

Histologische Untersuchungen über das Nervensystem von *Polynoe elegans* hatten mir gezeigt, dass die sogenannten Neuralkanäle bei den Polychaeten kolossale Nervenfasern wären, deren eingehenderes Studium wichtige Aufschlüsse über den Bau des Nervensystems der Thiere überhaupt verspräche. Durch die Munificenz der Akademie der Wissenschaften zu Berlin wurde ich im vorigen Jahre in den Stand gesetzt mehrere Monate in der zoologischen Station zu Neapel zu arbeiten und mir von den im Golfe vorkommenden Polychaeten ein reiches Material zur weiteren Verfolgung dieser Frage zu sammeln.

Es sei mir an dieser Stelle gestattet der Akademie für ihre freundliche Unterstützung meinen Dank auszusprechen.

Im Folgenden lege ich im Abriss meine das Nervensystem betreffenden Resultate über die Familie der Aphroditeen nieder, von welchen ich die Gattungen *Aphrodite*, *Hermione*, *Sthenelais*, *Sigalion*, *Polynoe* nach den neuesten Untersuchungs-Methoden studirt habe. Auf eine Besprechung und Kritik der einschlägigen Litteratur gehe ich hier nicht ein und verweise auf eine in nächster Zeit erscheinende grössere Arbeit über denselben Gegenstand.

Zum Verständniss der kolossalen Nervenfasern ist es nöthig ein paar Worte über die sogenannte Leydig'sche Punktsubstanz vorauszuschicken. Untersucht man das Gehirn der Polychaeten auf feinen Schnitten, so erkennt man, dass dieselbe aus sehr vielen und feinen Fäserchen besteht, welche wirr durch einander ziehen und bald im Längsschnitt als Linien, bald im Querschnitt als Punkte erscheinen. Das Bauchmark hat im Wesentlichen dieselbe Structur, nur überwiegen hier längsverlaufende Fäserchen, welche aber zahlreich von schiefen und queren gekreuzt werden. Querschnitte und

Längsschnitte zeigen im Gegensatz zum Gehirn im Bauchstrang ein verschiedenes Bild, die Längsschnitte mehr Linien, die Querschnitte mehr Punkte. Die abgehenden Nerven sind genau von gleichem Bau wie das Bauchmark, nur tritt bei ihnen noch schärfer der Längsverlauf der Fäserchen hervor, ohne dass aber auch hier gerade und schief ziehende ausgeschlossen wären. Das Bauchmark ist somit nicht ein Centralorgan von eigenthümlichem Bau, sondern nur ein etwas stärker entwickelter Nerv, welcher mit Ganglienzellen besetzt ist. Selbst bei denjenigen Aphoditeen, bei welchen die Ganglienzellen nicht einen gleichmässigen Besatz des Bauchstranges, sondern in bestimmten Abständen sogenannte Ganglienknoten bilden, wie bei *Hermione* und *Aphrodite*, unterscheiden sich diese Ganglienknoten histologisch von den zwischen ihnen liegenden Commissuren und den abgehenden Nerven durch nichts anderes als die quer die centralen Fäserchen durchsetzenden Ganglienzellenfortsätze. Anastomosen zwischen den einzelnen Fäserchen, wodurch eine Verbindung der Ganglienzellen hergestellt würde, habe ich ebensowenig beobachten können als Auflösung der Fäserchen in Körnchen.

In dieser Masse feiner Fäserchen treten die kolossalen Nervenfasern scharf hervor. Sie sind die Fortsätze von kolossalen Ganglienzellen, welche am Hirn und Bauchmark vereinzelt in bestimmtem Lagerungsverhältniss auftreten. Ein sehr günstiges Object ist die Gattung *Sthenelais* für das Studium der kolossalen Nervenfasern, da sie hier besonders zahlreich und ausgebildet sich finden. Bei *Sthenelais* giebt es von ihnen drei Arten, nämlich erstens von vorn nach hinten das ganze Nervensystem durchsetzende, zweitens von hinten nach vorn ziehende und drittens in jedem Segment jederseits aus dem Nervensystem heraustretende und zur Peripherie verlaufende.

Verfolgt man das Nervensystem von *Sthenelais* auf Querschnitten von vorn nach hinten, so trifft man schon im hinteren Theile des Gehirns jederseits je eine kolossale Ganglienzelle, welche ihren mächtigen Fortsatz zunächst im Hirn eine Strecke nach vorn und dann durch die Schlundcommissuren in's Bauchmark sendet. Hier vereinigen sich beide Nervenfasern nach kurzem Verlauf zu einer einzigen, welche auf der einen Seite des Bauchstranges ventral bis an's Hinterende des Körpers zieht. Diese kolossale Nervenfaser wird von einer faserigen Scheide umhüllt, welche ihr anfangs dicht anliegt, im ferneren Verlaufe sich aber von ihr abhebt und dann einen Hohlraum umschliesst, welcher nach hinten stetig grösser wird und in dem mittleren Körpertheile einen enormen Durchmesser erlangt. In dieser Gegend erscheint auch die Nervenfaser, welche in ihrer weiten Scheide fast ganz verschwindet, wesentlich modificirt. Sie

zeigt an ihrer Oberfläche allenthalben verschieden grosse Zacken, welche oft in feine, den ganzen Hohlraum durchziehende und scheinbar in die Scheide eindringende Fortsätze übergehen. Nach dem Hinterende des Körpers zu wird der Hohlraum schwächer, bis die Nervenfaser die Scheide wieder vollständig erfüllt, und so dem Vorderende entsprechende Verhältnisse hergestellt sind.

Dieser kolossalen Nervenfaser gesellen sich am Anfange des Bauchstranges jederseits noch je fünf andere von genau demselben Bau bei. Bald nach Vereinigung der Schlundcommissuren zum Bauchmark finden sich je zwei kolossale Ganglienzellen ventral, deren Fortsätze in's Nervensystem hinein und auf die andere Seite hinüber treten, um hier der das Bauchmark in zwei Stränge theilenden mittleren Scheidewand dicht angelagert nach hinten zu ziehen Fast gleichzeitig schicken je zwei laterale kolossale Ganglienzellen ihre Nervenfortsätze quer durch das Bauchmark nach der entgegengesetzten Seite, auf welcher sie fast genau in der Mitte zum Körperende verlaufen. Dicht hinter diesen Ganglienzellen tritt schliesslich jederseits noch eine fünfte auf, deren Fortsatz nicht auf die entgegengesetzte Seite geht, sondern sofort nach seinem Eintritt in's Bauchmark in die Längsrichtung umbiegt.

Aber nicht nur von vorn nach hinten, sondern, wie schon hervorgehoben, auch in entgegengesetzter Richtung ziehende kolossale Nervenfasern durchsetzen den ganzen Bauchstrang.

Am Anfange jedes Körpersegmentes, ausgenommen nur etwa die vordersten sechszehn, findet sich nämlich lateral, jedoch stets nur auf der einen Seite des Segmentes, in dem einen links, in dem anderen rechts, aber ohne bestimmte Reihenfolge, eine kolossale Ganglienzelle, deren mächtiger Fortsatz auf die entgegengesetzte Seite tritt, von dieser aber nach kurzem Verlauf auf die erstere Seite zurückkehrt, um hier das Nervensystem dorsal zu verlassen und der Rückseite des Bauchmarkes aufgelagert nach vorn zu ziehen. Die erste dieser einseitigen Ganglienzellen findet sich im drittletzten Körpersegment. In den nach vorn folgenden ungefähr vierzehn Segmenten steigt die Zahl der dorsal gelegenen kolossalen Nervenfasern durch die in den einzelnen Segmenten sich zugesellenden Ganglienzellenfortsätze stetig, bis jederseits etwa sechs bis sieben dieser Nervenfasern verlaufen. Diese Zahl vergrössert sich nicht mehr, obwohl in jedem Segmente eine kolossale Ganglienzelle ihren Fortsatz beimischt. Ob in den mittleren Körpersegmenten beim Zutritt einer neuen Nervenfaser einige der alten sich vereinigen oder aufhören, habe ich nicht mit Sicherheit bestimmen können. Bisweilen sieht man einige benachbarte Nervenräume zusammentreten, eine Vereinigung der in ihnen liegenden

eigentlichen Nervenfasern habe ich nicht beobachtet. Andererseits sah ich mehrere Male einige der dorsalen Nervenfasern ihre Lage verlassen und in's Nervensystem eintreten, wo sie nach einiger Zeit verschwanden.

Ausser den eben beschriebenen einseitigen Ganglienzellen findet sich in der Mitte jedes Segmentes jederseits je eine ventrale kolossale Ganglienzelle, deren Fortsatz das Bauchmark durchsetzt, um aus diesem auf der anderen Seite herauszutreten und in der Subcuticula nach der Oberfläche des Körpers zu verlaufen. Bei diesen peripher ziehenden kolossalen Nervenfasern kommt es nicht zur Ausbildung eines Hohlraumes innerhalb der Scheide.

Die Endigungsweise der kolossalen Fasern habe ich bei den von vorn nach hinten gehenden auf Querschnitten verfolgen können. In den letzten Segmenten wird die Scheide stetig dünner und die dicht von ihr umschlossene Nervenfaser immer deutlicher granulirt. Schliesslich hört die Scheide ganz auf. Nach kurzem Verlauf verschwindet auch die Nervenfaser, ohne merklich dünner geworden zu sein. An ihrer Stelle erkennt man im Querschnitt feine Punkte in unbestimmter Anordnung. Die kolossale Nervenfaser hat sich also in feine Fäserchen aufgelöst.

Bei *Sigalion* finden sich nur von vorn nach hinten gehende kolossale Nervenfasern, und zwar in jeder Bauchmarkshälfte je eine mittlere und eine ventrale, von denen die erstere der Fortsatz einer im Anfangstheil des Bauchstranges gelegenen Ganglienzelle ist, während die ventrale, entsprechend den Verhältnissen bei *Sthenelais*, einer am Ende des Gehirns auftretenden Ganglienzelle ihren Ursprung verdankt.

Bei *Polynoe* durchziehen je zwei mittlere und je eine ventrale kolossale Nervenfaser jederseits den Bauchstrang von vorn nach hinten. Die ersten beiden setzen sich deutlich im Anfange des Bauchmarkes mit Ganglienzellen in Verbindung, bei der ventralen, schon in den Schlundcommissuren auftretenden, ist es mir dagegen nicht gelungen die zugehörige Ganglienzelle zu constatiren.

Bei *Polynoe* tritt ausserdem in Übereinstimmung mit *Sthenelais* in jedem Segment jederseits je eine enorm grosse Ganglienzelle auf, welche ihren kolossalen Nervenfortsatz quer durch den Bauchstrang in den letzten der in jedem Segment abgehenden drei Nerven sendet, mit welchem er gemeinsam zur Peripherie verläuft.

Bei *Aphrodite* und *Hermione* fehlen derartig gebaute kolossale Nervenfasern vollständig.

Zum Schluss noch ein paar Worte über die Structur der Ganglienzellen und ihr Verhältniss zur centralen Fäserchenmasse des Nervensystems.

Die Ganglienzellen der *Aphroditeen* sind ausnahmslos unipolar. In ihrem übrigen Bau weisen sie dagegen eine ausserordentliche Mannigfaltigkeit auf. Besonders treten zwei Typen unter ihnen gegensätzlich hervor. Die Ganglienzellen der einen Art sind sehr schwach granulirt, deshalb von hellem Aussehen und meist ziemlich klein. Ihr Kern enthält stets mehrere verschieden grosse Körperchen und tritt nach Färbungen in der durchsichtigen Ganglienzelle scharf hervor. Sie haben eine birnenförmige Gestalt und liegen in grossen Packeten dicht beieinander. Die Vertreter des zweiten Typus sind sehr grosse, kugelige Gebilde, welche durch eine sehr dunkele Granulirung sofort in die Augen fallen. Sie besitzen einen grossen, fein granulirten Kern und dieser ein einziges grosses Körperchen. Sie finden sich stets vereinzelt, nie zu Gruppen vereinigt. Diesem Typus gehören auch die kolossalen Ganglienzellen an. Beide Ganglienzellenarten entbehren einer Zellenmembran und liegen eingebettet in ein Maschenwerk von Fasern, welche überall das Nervensystem begleiten und, wie ich glaube, aus Subcuticularzellen hervorgegangen sind. Während diese Subcuticularfaserhülle aber bei den Ganglienzellen des ersten Typus nur eine sehr schwache ist und mehr als eine dünne Scheidewand zwischen den dicht gedrängten Zellen erscheint, ist sie bei dem zweiten Typus und namentlich bei den kolossalen Ganglienzellen sehr entwickelt.

Die Fortsätze der durchsichtigen Ganglienzellen des ersten Typus ziehen in Bündeln und einander durchflechtend in's Nervensystem begleitet von Subcuticularfasern, welche aber bald nach ihrem Eintritt verschwinden. Diese meist sehr zarten Zellfortsätze werden allmählich dünner und gehen direct in die centralen Fäserchen über. Die Fortsätze der Ganglienzellen des zweiten Typus sind breite, dunkele Fasern, auf welche sich die Scheide ihrer Zellen weithin erstreckt. Man kann sie daher im Nervensystem unter den feinen Fäserchen leicht verfolgen, zumal ihre Breite nicht abnimmt. Nach einigem Verlauf verlieren sie ihre Scheide und verschwinden bald darauf in der feinen Fäserchenmasse. Es scheint mir das Wahrscheinlichste, dass sie wie die kolossalen Nervenfasern, mit denen sie grosse Ähnlichkeit haben, durch pinselförmige Auflösung in die Fäserchensubstanz übergehen, da ich eine Zweitheilung nie beobachten konnte.

Betrachtet man die Ganglienzellen des zweiten Typus und namentlich die kolossalen, so erkennt man, dass die ganze Zelle nach allen Richtungen von verschieden starken Fäserchen durchzogen wird, welche auf den Zellfortsatz übergehen und diesem eine feine Längsstreifung verleihen. Aber nicht nur hier verlassen diese

Fäserchen die Zelle, sondern man ist überrascht zu sehen, wie sie theils einzeln, theils zu Bündeln vereinigt allenthalben an der Peripherie des nackten Zellkörpers heraustreten und in die Subcuticularfaserhülle eindringen. Diese Beobachtung zeigen gleichmässig in Alkohol wie in Sublimat oder Osmiumsäure gehärtete Praeparate. Ob durch diese Fäserchen die Ganglienzellen mit einander in Verbindung treten, habe ich nicht entscheiden können, da sie über die Subcuticularfaserhülle hinaus nicht zu verfolgen waren.

Die Erdstrom-Aufzeichnungen in den deutschen Telegraphen-Leitungen.

Übersandt vom Hrn. Staats-Secretär des Reichs-Postamts
Dr. von Stephan.

(Vorgelegt von Hrn. von Bezold).

(Hierzu Taf. IX bis XII.)

Diejenigen elektrischen Stromerscheinungen, welche sehr bald nach der ersten Einrichtung der die Erde selber als einen Theil der Leitung benutzenden Telegraphen-Linien sich bemerklich machten, sind bereits an vielen Stellen der Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen, welche auch über einige Besonderheiten des Verlaufes dieser merkwürdigen Naturerscheinung und über ihre Zusammenhänge mit anderen grösseren Erscheinungsgruppen, insbesondere den Polarlichtern und den Schwankungen der Angaben der erdmagnetischen Messinstrumente, einiges Licht verbreitet haben.

Aber jene früheren Untersuchungen haben entweder, wenn sie ganz regelmässig und anhaltend ausgeführt wurden, wie die Arbeiten von Lamont in München, die vieljährigen Erdstrom-Untersuchungen auf der Sternwarte zu Greenwich und die neuerdings von Hrn. Wild in Pawlowsk bei St. Petersburg veranstalteten und eingehend bearbeiteten Erdstrommessungen, nur in Leitungen von wenigen Zehnern des Kilometers oder gar von wenigen Kilometern Länge stattfinden können, so dass in ihnen, wie von den Bearbeitern selbst angegeben wird, die von der Natur der Einrichtungen fast untrennbaren Strom-Entwickelungen zwischen den Endgliedern der Erdverbindungen (Erdplattenströme) als erhebliche Trübungen des Verlaufes des Erdstroms selber eingewirkt haben; oder jene Untersuchungen haben, wenn sie mittels längerer Leitungen angestellt worden sind, in Folge der Anforderungen des Telegraphen-Dienstes in der Regel nicht so anhaltend und vollständig ausgeführt werden können, wie es zu einer tieferen Erkenntniss des Wesens der Erscheinung erforderlich ist.

In Deutschland wurden vollständige Zeit- und Maassbestimmungen des Verlaufes von Erdströmen zuerst im Jahre 1881 zwischen Berlin

und Dresden auf mehreren längeren und kürzeren, ober- und unterirdischen Leitungsstrecken mit Erdverbindung ausgeführt. Nachdem diese Messungen sehr nahe Übereinstimmungen des Verlaufes der in jenen verschiedenen Leitungsstrecken gleichzeitig wahrgenommenen Ströme erwiesen, die letzteren somit zweifellos als Zweige grösserer tellurischer Erscheinungen und als hinreichend unabhängig von den mit den Zuständen der verschiedenen einzelnen Erdverbindungen wechselnden Stromursachen gekennzeichnet hatten, ist es vom Herbst 1882 ab während des Zeitraumes, in welchem correspondirende magnetische Messungen auf den internationalen Polarstationen stattfanden, und noch darüber hinaus bis zum December 1884 ermöglicht worden, in einer grösseren Anzahl von genügend langen Leitungsstrecken an den sogenannten magnetischen Termintagen, nämlich am 1. und 15. jedes Monats, innerhalb einiger frühen Morgenstunden alle Erdstrom-Erscheinungen an guten Spiegelgalvanometern stetig und vollständig beobachten zu lassen.

Die hierdurch gewonnenen Ergebnisse, deren Veröffentlichung zum wichtigeren Theile von der Deutschen Polar-Commission übernommen worden ist, haben, abgesehen von der noch vorbehaltenen Vergleichung mit den magnetischen Aufzeichnungen der Polarstationen, einige weitere Einblicke in das Wesen der Erscheinungen ermöglicht.

Da alle diese vorläufigen Ergebnisse von einer Fortsetzung und Vertiefung der bezüglichen Untersuchungen sowohl für eine grössere Sicherung der Telegraphie gegen die Störungswirkungen jener natürlichen Ströme als für die wissenschaftliche Erkenntniss der Erdströme und des Wesens der Elektricität überhaupt bedeutsamen Gewinn erwarten liessen, sind alsdann seit dem Jahre 1883 an etwa 500 Tagen vollständige und stetige Aufzeichnungen der Erdströme in einer unterirdischen, nahezu 240^{km} langen Telegraphen-Leitung von Berlin nach Dresden und in einer eben solchen nahezu 418^{km} langen Telegraphen-Leitung von Berlin nach Thorn veranstaltet worden, wozu in der einen Leitung ein selbstthätig aufzeichnender Russschreiber von Siemens & Halske, in der anderen ein photographischer Registrirapparat von Wanschaff diente. Die beiden hierzu benutzten Leitungen waren mit Erdverbindungen versehen. Ausserdem ist aber in den letzten Monaten auch eine erneute und verschärfte Vergleichung zwischen den in Leitungen mit Erdverbindungen und den in isolirten metallischen Kreisleitungen auftretenden natürlichen Strömen in solcher Weise ausgeführt worden, dass einer der beiden selbstthätigen Aufzeichnungs-Apparate wie bisher unverändert an der Linie Berlin-Thorn mit Erdverbindung arbeitete, während der andere Apparat an eine durchweg metallische, von der Erde isolirte unterirdische Kreisleitung

Berlin-Stettin-Danzig-Thorn-Berlin gelegt wurde. Endlich sind wiederholte andauernde Aufzeichnungen der gleichzeitig in gleichgerichteten, aber mit verschiedenen Erdverbindungen versehenen, ober- oder unterirdischen, sowie der gleichzeitig in gleichgerichteten aber verschieden langen Leitungsstrecken auftretenden Erdströme ausgeführt worden.

Fast alle diese Aufzeichnungen konnten mit Copien der gleichzeitigen photographischen Aufzeichnungen derjenigen erdmagnetischen Registrir-Apparate verglichen werden, welche bei dem Beginn der Beobachtungen der internationalen Polarstationen von dem Königlichen Observatorium zu Potsdam dem Kaiserlichen Marine-Observatorium zu Wilhelmshaven dargeliehen worden waren.

Diese Aufzeichnungen sind von dem Observatorium zu Wilhelmshaven mit ausgezeichneter Sorgfalt und Stetigkeit durchgeführt worden, so dass zu allen Erdströmen die entsprechenden erdmagnetischen Erscheinungen aufgefunden werden konnten.

Ausserdem konnten in allerletzter Zeit Dank dem grossen Entgegenkommen des Hrn. Directors der K. K. meteorologischen und erdmagnetischen Centralanstalt zu Wien, Prof. Dr. Hann, die Originale der sämmtlichen dortigen erdmagnetischen Aufzeichnungen für das Jahr 1884 noch zur Vergleichung mit den Erdströmen herangezogen werden.

Unter Vorbehalt einer ausführlichen Veröffentlichung aller vorerwähnten Erdstrom-Beobachtungen und ihrer Vergleichungen mit den erdmagnetischen Aufzeichnungen beehre ich mich, der Königlichen Akademie der Wissenschaften die folgenden hauptsächlichen Ergebnisse dieser Untersuchungen hierdurch mitzutheilen.

Die Zusammenfassung dieser Ergebnisse wird dem von dem hiesigen Elektrotechnischen Verein eingesetzten Unterausschusse für Erdstrom-Untersuchungen verdankt.

1. Bei solchen Leitungen, bei denen die Endglieder der Verbindung mit der Erde nahezu 200^{km} oder mehr von einander abstehen, üben die Besonderheiten und die Veränderungen der Zustände dieser Erdverbindungen keinen Einfluss mehr aus, welcher die Beobachtung der Erdstrom-Erscheinungen merklich trüben könnte. (Siehe jedoch Nr. 7.)

Bewiesen wird dies insbesondere durch die gerade in den charakteristischen Einzelheiten am meisten hervortretende Übereinstimmung von mehreren hundert je einen Tag umfassenden gleichzeitigen Aufzeichnungen von Erdströmen in den beiden unterirdischen Linien

Berlin-Dresden (240^{km}) und Berlin-Thorn (418^{km}), sowie durch eine besondere Reihe von mehrtägigen gleichzeitigen Aufzeichnungen der Erdströme in einer oberirdischen und in einer unterirdischen Linie Berlin-Hamburg (300^{km}) bei ganz verschiedenartigen Erdverbindungen.

2. Die in den Telegraphen-Leitungen als Erdströme zu Tage tretenden elektrischen Spannungsdifferenzen zwischen denjenigen beiden Stellen der Erdrinde, mit denen sich je ein Endglied der metallischen Leitung berührt, werden in Deutschland durch die Lage dieser beiden Endpunkte (nach Abstand und Richtung) im Allgemeinen derartig bestimmt, dass bei genügend grossen Abständen der Endpunkte die Richtung ihrer Verbindungslinie für das Erscheinen eines Erdstromes entscheidend ist, dass nämlich bei bestimmten Richtungen dieser Verbindungslinie keine Erdstrom-Erscheinungen auftreten, während gleichzeitig in den zu diesen Richtungen (gewissermaassen den Niveaulinien des Erdstroms) rechtwinkeligen Richtungen das grösste Gefälle der Spannungsdifferenzen in Erdströmen zur Erscheinung kommt, so dass in den Zeiten mächtiger Erdströme nach gewissen Richtungen hin gar keine, nach anderen Richtungen hin sehr bedeutende Störungen der telegraphischen Verständigung stattfinden.

In Deutschland verlaufen im Allgemeinen die Stromlinien von Südost nach Nordwest, dagegen die Niveaulinien von Südwest nach Nordost.

3. In einer und derselben Richtung hat sich bis jetzt in einem und demselben Zeitpunkte die als Erdstrom in der metallischen Leitung zur Erscheinung kommende Spannungsdifferenz zwischen den Endpunkten der Erdverbindung als eine um so stärkere gezeigt, je grösser der Abstand der Endpunkte war, indessen scheint diese Differenz im Allgemeinen in etwas geringerem Verhältniss als der Abstand der Endpunkte der Leitung zu wachsen.

Die Deutung dieses vorläufigen Ergebnisses muss bis zu einer Vervollständigung desselben durch die entsprechenden Maassbestimmungen in anderen Ländern und in längeren Zeiträumen vorbehalten werden.

4. In geschlossenen metallischen Leitungen ohne Erdverbindung treten zwar ebenfalls natürliche Stromerscheinungen auf, dieselben verlaufen indessen ganz anders als die vorerwähnten Erdströme und sind um so schwächer, je geringer der von der geschlossenen Leitung umspannte Flächeninhalt ist, so dass auch in Zeiten sehr bedeutender Erdströme die Sicherung der telegraphischen Verständigung durch die Anwendung metallischer Hin- und Rückleitungen, insbesondere aber nicht weit von einander entfernter, nahezu gleichlaufender metallischer Hin- und Rückleitungen erhöht werden kann.

5. Der Erdstromverlauf in einer mit Erdverbindung arbeitenden Linie Berlin-Thorn, welche von der Richtung West-Ost um 12° nach Norden abweicht, verhält sich zu dem Erdstromverlaufe in der entsprechend eingerichteten Linie Berlin-Dresden, welche von der Richtung Nord-Süd um 5° nach Osten abweicht, im Wesentlichen derartig übereinstimmend, dass man, mit Rücksicht auf das näherungsweise ermittelte Verhältniss, in welchem im Allgemeinen die Spannungsdifferenz zwischen den Endgliedern der Erdverbindung Berlin-Thorn zu der entsprechenden Spannungsdifferenz zwischen den Endpunkten von Theilstrecken derselben Linie zu stehen scheint, und mit Rücksicht darauf, dass das Verhältniss des geraden Abstandes Berlin-Thorn zu dem geraden Abstande Berlin-Dresden nahezu 22:10 beträgt, die oben bereits aus anderen Wahrnehmungen gefolgerte Thatsache ableiten kann, dass der in diesen beiden Componenten zu Tage tretende Erdstrom im mittleren und östlichen Deutschland nahezu die Richtung von Südost nach Nordwest und umgekehrt hat.

6. Vergleicht man die nach Nr. 5 nahezu gleichwerthigen Aufzeichnungen des Erdstromverlaufes in der Richtung Berlin-Dresden und in der Richtung Berlin-Thorn mit den selbstthätigen Aufzeichnungen der erdmagnetischen Messinstrumente zu Wilhelmshaven, so ergiebt sich, dass die in Wilhelmshaven wahrgenommenen Schwankungen der magnetischen Declination und der magnetischen Horizontal-Intensität während der Zeiten sehr starker Erdstrom-Erscheinungen genau derartig stattfinden, als ob der in den Linien Berlin-Dresden und Berlin-Thorn beobachtete, von Südost nach Nordwest streichende Erdstrom in seiner Fortsetzung bis nach Wilhelmshaven und darüber hinaus die wesentliche Ursache jener Schwankungen der Horizontal-Componenten der magnetischen Richtkraft in Wilhelmshaven bilde.

Nahezu dasselbe lässt sich von den gleichzeitigen Schwankungen der Horizontal-Componenten der magnetischen Richtkraft, wie sie auf der meteorologisch-magnetischen Central-Anstalt zu Wien photographisch aufgezeichnet worden sind, behaupten.

Am deutlichsten erkennbar und durch eine Fülle von übereinstimmenden Einzelnheiten ausserordentlich beweiskräftig stellt sich dieser Zusammenhang in den Aufzeichnungen der magnetischen Declinationen dar. Die Schwankungen der Declinationen der freischwingenden Magnetstäbe des Observatoriums zu Wilhelmshaven und des Observatoriums zu Wien verhalten sich zu den gleichzeitigen Schwankungen des Erdstromes ganz ebenso, wie die Schwankungen der Galvanometer-Magnete in Berlin zu den Schwankungen der daselbst in den Telegraphen-Leitungen mit Erdverbindungen wahrgenommenen schwachen Abzweigungen des Erdstromes.

In der beigegebenen Tafel IX ist eines von den vielen in den letzten Jahren wahrgenommenen Beispielen der vorerwähnten sehr nahen Übereinstimmungen dargestellt. In den Declinations-Schwankungen bedeutet 1^{mm} nahezu 0.8 Bogenminuten, bei den Erdströmen dagegen die Hälfte der elektromotorischen Kraft eines Daniell- (Zink-Kupfer) Elements (letztere von 1 Volt wohl nicht stark verschieden).

Weniger durchgängig und vollkommen ist die Übereinstimmung zwischen den Schwankungen des Erdstromes, wie sie in Berlin, und den Schwankungen der erdmagnetischen Horizontal-Intensität, wie sie in Wilhelmshaven und in Wien wahrgenommen worden sind (siehe die beigefügte Tafel X); doch findet auch hier in den grossen Zügen eine so nahe Übereinstimmung statt, dass man wohl, in Betracht der etwas grösseren Schwierigkeiten und Unsicherheiten der photographischen Aufzeichnungen der Schwankungen der erdmagnetischen Horizontal-Intensität, einen Theil der Abweichungen einstweilen auf instrumentale Ursachen schieben kann. In den Schwankungen der Horizontal-Intensität bedeutet 1^{mm} etwas weniger als $^1/_{3000}$ der Einheit (c. g. s).

Bei allen diesen bereits bekannten, aber bisher nur selten in so grosser Vollständigkeit und Deutlichkeit wie in unseren Telegraphen-Leitungen wahrgenommenen Beziehungen zwischen den Schwankungen des Erdstromes und den Schwankungen der Angaben der erdmagnetischen Instrumente würde es nun von bedeutender Wichtigkeit sein, durch sehr genaue Bestimmungen der Zeitpunkte des Auftretens der beiden Arten von Schwankungen feststellen zu können, welche derselben früher als die andere eintritt und sich dadurch als die unabhängigere, ursächliche Erscheinung kennzeichnet. Man hat auch an mehreren Stellen, an denen bisher schon Erdstrom-Erscheinungen verfolgt worden sind, geglaubt, in einigen Fällen das vorangehende Auftreten der Erdströme, in anderen das frühere Auftreten der erdmagnetischen Erscheinungen wahrgenommen zu haben.

Bedenkt man jedoch, dass bei der grossen Schnelligkeit der Fortpflanzung und des Zustandekommens beider Arten von Erscheinungen der Zeitunterschied zwischen dem Eintritt der Ursache und demjenigen ihrer Wirkung im Allgemeinen ausserordentlich klein sein muss, so erkennt man sofort, dass die Genauigkeiten der Zeitbestimmungen bei den bisherigen Aufzeichnungen dieser Art in keiner Weise ausreichend gewesen sind, um diese wichtige Frage in dem einen oder anderen Sinne zu entscheiden, und dass die bisher wahrgenommenen Verfrühungen oder Verspätungen meistens entweder auf instrumentale Ursachen oder anderweitige lokale Störungen zurückzuführen sein werden.

Bei einer möglichst genauen Vergleichung der Zeitpunkte einiger sehr grossen Erdstromschwankungen in Berlin mit entsprechenden Schwankungen der erdmagnetischen Declination in Wilhelmshaven hat sich einstweilen nur ein Unterschied im Betrage des geographischen Längenunterschiedes zwischen den beiden Beobachtungs-Ortszeiten herausgestellt, und somit die scheinbar absolute Gleichzeitigkeit der beiden Phaenomene erwiesen.

Nur durch persönliche sehr genaue Zeitbestimmungen unmittelbar gesehener Schwankungen wird es möglich sein, diese Untersuchung weiter zu führen, so lange nicht die selbstthätigen Aufzeichnungen der beiden Arten von Erscheinungen neben einander mit ganz identischen Hülfsmitteln oder mit gehöriger Vertauschbarkeit der letzteren ausgeführt werden.

7. Zahlreiche Vergleichungen der ungefähren Zeitpunkte des Auftretens grosser Erdstromschwankungen in weit von einander entfernten Gegenden Europas und Asiens haben erkennen lassen, dass dieses Auftreten fast vollkommen gleichzeitig auf der ganzen Erde stattfindet.

Indessen hat es sich auch ebenso deutlich, wie schon längst bei den erdmagnetischen Erscheinungen, erkennen lassen, dass diese absolute Gleichzeitigkeit nur für einen Theil der Schwankungen und zwar für die grösseren und unregelmässigeren derselben gilt, während durch geeignete rechnungsmässige Untersuchung, nämlich durch Bildung von Mittelwerthen und cyklische Behandlung derselben, auch in den Erdströmen ein System von regelmässigeren täglichen und jährlichen Schwankungen hervortritt. Und zwar finden auch bei der auf solche Weise an's Licht gebrachten Art von Erdstromschwankungen die unverkennbarsten Zusammenhänge mit den entsprechenden täglichen und jährlichen Schwankungen der Angaben der erdmagnetischen Instrumente statt.

Diese wichtige Thatsache war bei den sonstigen bisherigen Untersuchungen verborgen geblieben, weil bei den bisher allein mit vollkommener Regelmässigkeit ausgeführten Erdstrom-Beobachtungen in sehr kurzen Leitungen die sogenannten Erdplattenströme, welche ebenfalls täglichen und jährlichen Schwankungen durch die Temperatur u. s. w. unterworfen sind, die regelmässigeren Schwankungen des eigentlichen Erdstromes verhüllt hatten.

Auch in den längeren Leitungen, mittels deren unsere Untersuchungen ausgeführt worden sind, zeigen sich bei erschöpfender Untersuchung der Erdstromschwankungen in den Rückständen, welche als die mittleren Strom-Intensitäten in den bezüglichen Leitungen anzusehen sind, noch gewisse ziemlich beständige Einflüsse der Besonderheit jeder einzelnen Paarung von Erdverbindungen. Nur sind

die täglichen und jährlichen Schwankungen, welche aus diesen rein localen Einflüssen bei unseren Erdstrom-Aufzeichnungen in Leitungen von mehr als 100^{km} Länge von so geringfügigem Einflusse geblieben, dass die Ähnlichkeit der beobachteten regelmässigeren Schwankungen des eigentlichen Erdstromes mit den in entsprechenden Perioden stattfindenden sogenannten »Variationen des Erdmagnetismus« deutlich genug hervortreten konnte.

Die beigefügte Tafel XI bietet ein Beispiel der Übereinstimmung dar, welche sich in dem mittleren täglichen Gange der Erdstrom-Intensität und dem entsprechenden täglichen Gange der in Greenwich, Paris und Wien beobachteten Total-Intensität der magnetischen Richtkraft im Jahre 1884 ergeben hat. Letztere Intensität hat um Mittag ein Minimum, diejenige des Erdstromes in der Richtung von Nordwest nach Südost ein Maximum. Der Maassstab ist hier für den Erdstrom der 50fache, für die magnetische Intensität in Wien und Greenwich ebenfalls etwa das 50fache, in Paris etwa das 85fache des bei der Darstellung in Tafel X angenommenen (siehe S 792).

8. Der Nachweis regelmässiger täglicher Perioden des Erdstromes ist zugleich der Nachweis, dass ein Theil seiner Schwankungen an einem bestimmten Orte immer zu derselben Ortszeit, also bei einer und derselben Lage zur Sonne eintritt, während vorstehend im Eingange von Nr. 7 festgestellt worden ist, dass die grösseren Schwankungen des Erdstromes in sehr weit von einander entfernten Gegenden der Erde fast vollkommen gleichzeitig und nicht zu einer und derselben Ortszeit auftreten.

Es ist einleuchtend, dass diese beiden verschiedenen Arten von Erdstrom-Schwankungen sich in ihrem Auftreten vielfach durchkreuzen müssen.

Die rein localen Perioden des Erdstromes wird man am sichersten aus den Beobachtungen in zwei Leitungen von wenigen Kilometern Länge, deren eine etwa von Ost nach West, deren andere von Nord nach Süd gerichtet ist, ableiten können, sobald man durch geeignete Einrichtungen der vorerwähnten störenden Erdplattenströme genügend mächtig geworden ist.

Bei den Aufzeichnungen von Erdströmen in Leitungen von mehreren 100^{km} Länge, insbesondere in solchen, die von Ost nach West gerichtet sind, werden dagegen die grösseren, in ganzen Erdtheilen gleichzeitig auftretenden Schwankungen, mit denjenigen Stromschwankungen interferiren können, welche in einer isolirten Leitung zwischen zwei Punkten der Erde zur Erscheinung kommen, in denen zu einer und derselben Weltzeit erheblich verschiedene Ortszeiten, somit entsprechend verschiedene Stufen der nach Ortszeit verlaufenden Erdstrom-Intensitäten stattfinden.

Dies hat sich auch darin erkennen lassen, dass bei den in Tafel IX und X dargestellten Vergleichungen kleine Drehungen der Gesammtrichtungen des Verlaufes der Erdstrom-Schwankungen gegen den allgemeinen Verlauf der erdmagnetischen Erscheinungen erforderlich waren, um die nahe Übereinstimmung der Einzelheiten aller grossen Schwankungen deutlichst zur Anschauung zu bringen.

Auch die beigelegte, einer besonderen Erläuterung nicht bedürftige Tafel XII, deren Maassstab für die Declination dem Vierfachen, für den Erdstrom dem Fünfzigfachen des in Tafel IX angenommenen Maassstabes entspricht, enthält trotz der sehr vielen Übereinstimmungen, die sie zwischen dem Gang der Mittagsgipfel des Erdstromes und der Mittagsgipfel der magnetischen Declination von Tag zu Tage erkennen lässt, deutliche Zeichen von Durchkreuzungen dieser Übereinstimmung, welche wahrscheinlich davon herrühren, dass die erdmagnetischen Beobachtungen die Erscheinungen an einem einzelnen Orte darstellen, die Erdstrom-Beobachtungen in unseren Leitungen dagegen das Zusammenwirken der Zustände an zwei von diesem Orte und von einander um mehrere 100^{km} entfernten Orten ersichtlich machen.

Die Zukunft dieser wichtigen Untersuchungen wird von einem Zusammenwirken von Beobachtungen in kurzen, so zu sagen localen, ferner in geeigneten längeren und endlich in Systemen von ganze Erdtheile überbrückenden Leitungen mit umfassenden Aufzeichnungen an erdmagnetischen Messinstrumenten und mit recht vollständigen Beobachtungen der Sonnenzustände abhängen. Von der grossen Bedeutung der letzteren für die Erdstrom-Erscheinungen geben auch einige der mittels der deutschen Telegraphen-Leitungen gewonnenen aber noch nicht abgeschlossenen Ergebnisse deutliche Kunde.

Über diejenigen algebraischen Gebilde, welche eine Involution zulassen.

Von L. Fuchs.

(Vorgetragen am 22. Juli [s. oben S. 649].)

In einer Untersuchung, deren Resultate an anderer Stelle veröffentlicht werden sollen, bin ich zur Betrachtung solcher algebraischer Gebilde geführt worden, welche eine algebraische eindeutig umkehrbare Transformation in sich selbst von folgender Art zulassen. Ist P ein Punkt der das Gebilde darstellenden Riemann'schen Fläche, P' ein durch die Transformation dem P zugeordneter Punkt derselben Fläche, so ist der nach derselben Transformation dem P' zugeordnete Punkt derselben Riemann'schen Fläche mit P übereinstimmend. Ich will im Anschluss an die in der Geometrie gebräuchliche Sprechweise von zwei einander so zugeordneten Stellen der Riemann'schen Fläche sagen, sie seien involutorisch gepaart, indem ich dabei stillschweigend voraussetze, dass die Zuordnung auf algebraischem Wege erfolge. In der folgenden Notiz erlaube ich mir die Ergebnisse mitzutheilen, zu welchen mich das Studium der genannten Gebilde geführt, und deren hauptsächlichstes darin besteht, dass die auf eine zweiblättrige Riemann'sche Fläche durch eine rationale eindeutig umkehrbare Substitution abbildbaren Riemann'schen Flächen die einzigen sind, welche eine solche involutorische Paarung zulassen. Da andererseits für die letztgenannte Art von Flächen auch stets eine solche involutorische Paarung vorhanden ist, so ergiebt sich, dass diese Classe von algebraischen Gebilden, welche man auch als die hyperelliptische Classe bezeichnen könnte, durch die Eigenschaft eine involutorische Paarung zuzulassen vollständig und eindeutig charakterisirt werden kann.

1.

Es sei

$$F(s, z) = 0 \tag{A}$$

eine irreductible algebraische Gleichung zwischen den beiden Veränderlichen s und z. Es werde vorausgesetzt, dass es zwei rationale Functionen von s und z gebe

$$\text{(B)} \qquad \begin{cases} \zeta = \phi(s, z), \\ \sigma = \psi(s, z) \end{cases}$$

von der Beschaffenheit, dass

$$\text{(C)} \qquad \begin{cases} z = \phi(\sigma, \zeta) \\ s = \psi(\sigma, \zeta) \end{cases} \text{ und}$$

$$\text{(D)} \qquad F(\sigma, \zeta) = 0.$$

Wir wollen mit p das Geschlecht der Gleichung (A) [den Rang nach der Bezeichnungsweise des Hrn. Weierstrass] und mit

$$f_1(s, z), \; f_2(s, z), \ldots f_p(s, z)$$

die Differentialquotienten von p linear unabhängigen Integralen erster Gattung bezeichnen.

Wird in einem Integrale erster Gattung als Function des Ortes in der Riemann'schen Fläche (s, z) die Substitution (C) angewendet, so erhält man ein Integral erster Gattung als Function des Ortes in der Riemann'schen Fläche (σ, ζ). Da andererseits die beiden Riemann'schen Flächen (s, z) (σ, ζ) in dem Sinne identische Gebilde sind, dass wenn $z = \zeta$ auch alle über z in der einen gelegenen Werthe mit den über ζ in der anderen gelegenen Werthen der Reihe nach übereinstimmen, so ist auch p der Rang des algebraischen Gebildes (D), und es sind $f_1(\sigma, \zeta), f_2(\sigma, \zeta), \ldots f_p(\sigma, \zeta)$ Differentialquotienten von zu demselben gehörigen p linear unabhängigen Integralen erster Gattung.

Es ist daher

$$\text{(E)} \quad f_k(s, z)\,dz = [c_{k1}f_1(\sigma, \zeta) + c_{k2}f_2(\sigma, \zeta) + \ldots + c_{kp}f_p(\sigma, \zeta)]\,d\zeta \qquad k = 1, 2, \ldots p;$$

$c_{k1}, c_{k2}, c_{kp} \ldots$ bestimmte Constanten.

Durch Anwendung der Substitution (B) auf die Integrale erster Gattung als Functionen des Ortes in der Riemann'schen Fläche (σ, ζ) ergiebt sich ebenso

$$\text{(F)} \quad f_k(\sigma, \zeta)\,d\zeta = [c_{k1}f_1(s, z) + c_{k2}f_2(s, z) + \ldots + c_{kp}f_p(s, z)]\,dz \qquad k = 1, 2, \ldots p,$$

wo die Grössen c_{kl} in (F) mit denen in (E) übereinstimmen.

2.

Es sei

$$(1) \qquad b_1f_1(s, z) + b_2f_2(s, z) + \ldots + b_pf_p(s, z) = G(s, z),$$

wo $b_1; b_2, \ldots b_p$ Constanten bedeuten. Wir wollen dieselben so bestimmen, dass

$$(2)\qquad G(s,z)\,dz = wG(\sigma,\zeta)\,d\zeta,$$

also auch

$$(2')\qquad G(\sigma,\zeta)\,d\zeta = wG(s,z)\,dz$$

werde und w eine Constante sei.

Unter Berücksichtigung der Gleichungen (E) geht Gleichung (2) über in

$$(3)\qquad P_1 f_1(\sigma,\zeta) + P_2 f_2(\sigma,\zeta) + \ldots + P_p f_p(\sigma,\zeta) = 0,$$

wo

$$(4)\qquad P_k = b_1 c_{1k} + b_2 c_{2k} + \ldots + b_p c_{pk} - w b_k.$$

Da $f_1, f_2, \ldots f_p$ linear unabhängig sind, so muss

$$(5)\qquad P_k = 0 \text{ für } k = 1, 2, \ldots p.$$

Hieraus folgt, dass w sich durch die Gleichung

$$(\mathrm{G})\qquad \begin{vmatrix} c_{11} - w, & c_{21}, & \ldots c_{p1} \\ c_{12} & c_{22} - w, & \ldots c_{p2} \\ \vdots & & \\ c_{1p} & c_{2p}, & \ldots c_{pp} - w \end{vmatrix} = 0$$

bestimmt.

In Übereinstimmung mit einem Verfahren, welches ich bei der Fixirung der Fundamentalsysteme der Integrale linearer homogener Differentialgleichungen angewendet habe,[1] und unter Berücksichtigung der von Hrn. Hamburger[2] gemachten weiteren Ausführungen desselben, kann man, wenn w_1 eine λ-fache Wurzel der Gleichung (G) ist, für die Constanten $b_1, b_2, \ldots b_p$ solche λ-Bestimmungen treffen, dass die zugehörigen Functionen $G(s,z)$ in Gruppen zerfallen, von der Art, dass eine m-gliedrige Gruppe linear unabhängiger Functionen $G^{(1)}(s,z), G^{(2)}(s,z), \ldots G^{(m)}(s,z)$ die Eigenschaft hat

$$(4)\qquad \begin{cases} G^{(1)}(s,z)\,dz = w_1 G^{(1)}(\sigma,\zeta)\,d\zeta \\ G^{(2)}(s,z)\,dz = [w_1 G^{(2)}(\sigma,\zeta) + G^{(1)}(\sigma,\zeta)]\,d\zeta \\ \quad\vdots \\ G^{(m)}(s,z)\,dz = [w_1 G^{(m)}(\sigma,\zeta) + G^{(m-1)}(\sigma,\zeta)]\,d\zeta. \end{cases}$$

Wegen der Gleichungen (B) bestehen aber mit diesen Gleichungen zugleich die folgenden

$$(5)\qquad \begin{cases} G^{(1)}(\sigma,\zeta)\,d\zeta = w_1 G^{(1)}(s,z)\,dz \\ G^{(2)}(\sigma,\zeta)\,d\zeta = [w_1 G^{(2)}(s,z) + G^{(1)}(s,z)]\,dz \\ \quad\vdots \\ G^{(m)}(\sigma,\zeta)\,d\zeta = [w_1 G^{(m)}(s,z) + G^{(m-1)}(s,z)]\,dz. \end{cases}$$

[1] Siehe meine Arbeit in Borchardt's Journal Bd. 66 S. 134—136.
[2] Borchardt's Journal Bd. 76 S. 121.

Substituirt man aus (5) die Werthe von $G^{(k)}(\sigma, \zeta)d\zeta$ in (4), so erhält man

$$(6)\quad \begin{cases} G^{(1)}(s, z) = w_1^2 G^{(1)}(s, z) \\ G^{(2)}(s, z) = w_1^2 G^{(2)}(s, z) + 2w_1 G^{(1)}(s, z) \\ \vdots \\ G^{(m)}(s, z) = w_1^2 G^{(m)}(s, z) + 2w_1 G^{(m-1)}(s, z) + G^{(m-2)}(s, z). \end{cases}$$

Da nun w_1 von Null verschieden, so würde hieraus sich ein Widerspruch mit der Voraussetzung ergeben, wonach die Functionen $G^{(k)}(s, z)$ linear unabhängig sind. Dieser Widerspruch wird dadurch aufgehoben, dass in jeder der genannten Gruppen nur ein Element vorhanden ist.

Hieraus ergiebt sich, dass wenn $w_1, w_2, \ldots w_p$ die Wurzeln der Gleichung (G) bedeuten, mögen diese theilweise gleich oder sämmtlich von einander verschieden sein, es stets p linear unabhängige Differentialquotienten von Integralen erster Gattung $G_1(s, z), G_2(s, z), \ldots G_p(s, z)$ giebt, für welche bez. die Gleichungen

$$(H)\quad \begin{vmatrix} G_k(s, z)\,dz = w_k G_k(\sigma, \zeta)\,d\zeta \\ G_k(\sigma, \zeta)\,dz = w_k G_k(s, z)\,dz \end{vmatrix} \quad k = 1, 2, \ldots p$$

stattfinden.

Wählt man nun von vornherein $f_k(s, z) = G_k(s, z)$, so treten diese Gleichungen (H) an die Stelle der Gleichungen (E) und (F).

Aus den beiden Gleichungen (H) folgt

$$(J)\quad w_k^2 = 1.$$

Die Wurzeln der Gleichung (G) sind demnach sämmtlich gleich der positiven oder der negativen Einheit.

Es folgt daher aus Gleichung (H)

$$(K)\quad G_k(s, z)\,dz = \pm\, G_k(\sigma, \zeta)\,d\zeta \qquad k = 1, 2, \ldots p.$$

3.

Es möge in den Gleichungen (K) für $k = 1, 2, \ldots \lambda$ das obere, dagegen für $k = \lambda + 1, \lambda + 2, \ldots \lambda + \mu$ das untere Vorzeichen gelten, wenn

$$(1)\quad p = \lambda + \mu$$

gesetzt wird.

Es sei

$$(2)\quad \Phi(s, z) = c_1 G_1(s, z) + c_2 G_2(s, z) + \ldots + c_\lambda G_\lambda(s, z)$$

und

$$(3)\quad \Psi(s, z) = e_1 G_{\lambda+1}(s, z) + e_2 G_{\lambda+2}(s, z) + \ldots + e_\mu G_{\lambda+\mu}(s, z),$$

wo c_k, e_k Constanten bedeuten. Ist alsdann $(s, z) \equiv (s', z')$ eine Lösung der Gleichung

$$\Phi(s, z) = 0 \tag{4}$$

und $(\sigma, \zeta) \equiv (\sigma', \zeta')$ das nach den Gleichungen (B) dem $(s, z) \equiv (s', z')$ entsprechende Werthsystem, so ist zufolge der Gleichungen (K) $(s, z) \equiv (\sigma', \zeta')$ ebenfalls eine Lösung der Gleichung (4).

Dieselbe Eigenschaft hat auch die Gleichung

$$\Psi(s, z) = 0. \tag{5}$$

I. Die Constanten c_k, e_k lassen sich so bestimmen, dass die Gleichungen (4) und (5) $2p - 4$ gemeinschaftliche Lösungen haben, wovon immer je zwei nach den Gleichungen (B) oder (C) involutorisch gepaart sind.

Eliminirt man nämlich (s, z) zwischen der Gleichung (A) und den Gleichungen (4) und (5), so erhält man als Resultante eine Gleichung

$$f(c_1, c_2, \ldots c_\lambda, e_1, e_2, \ldots e_\mu) = 0. \tag{6}$$

Nach den bekannten Methoden zur Bestimmung der gemeinschaftlichen Lösungen eines Systems von Gleichungen ergiebt sich, dass die Grössen $\frac{c_2}{c_1}, \frac{c_3}{c_1}, \ldots \frac{c_\lambda}{c_1}, \frac{e_2}{e_1}, \frac{e_3}{e_1}, \ldots \frac{e_\mu}{e_1}$ im Ganzen $\lambda + \mu - 2$ Bedingungsgleichungen zu befriedigen haben, wenn die Gleichungen (A), (4), (5), $\lambda + \mu - 2$ gemeinschaftliche Lösungen besitzen sollen. Und man kann zeigen, dass diese Bedingungsgleichungen, deren Anzahl mit derjenigen der zu bestimmenden Grössen $\frac{c_k}{c_1}, \frac{e_k}{e_1}$ übereinstimmt, immer befriedigt werden können. Die Gleichungen (A), (4), (5) werden aber alsdann in Folge der oben angegebenen Eigenschaft der Gleichungen (4) und (5) auch durch diejenigen Grössensysteme (s, z) befriedigt, welche den bereits erreichten $\lambda + \mu - 2$ gemeinschaftlichen Lösungen nach den Gleichungen (B) oder (C) zugeordnet sind.

Den Nachweis dafür, dass unter den Bestimmungsweisen der Verhältnisse der Grössen c_k und e_k immer solche vorhanden sind, dass zu den ihnen entsprechenden $\lambda + \mu - 2$ gemeinschaftlichen Lösungen der Gleichungen (A), (4), (5) noch die zu diesen Lösungen involutorisch zugeordneten Grössensysteme (s, z) als $\lambda + \mu - 2$ neue Lösungen hinzutreten, erfordert einigermaassen verwickelte Erörterungen, und wir wollen uns hier darauf beschränken, dieselben an dem Beispiele $p = 4$, $\lambda = 2$ zu erläutern.

Jede der Gleichungen

$$(4^a)\qquad c_1 G_1(s, z) + c_2 G_2(s, z) = 0,$$

$$(5^a)\qquad e_1 G_3(s, z) + e_2 G_4(s, z) = 0$$

wird in diesem Falle durch sechs Werthsysteme befriedigt, wovon je zwei durch die Gleichungen (B) einander zugeordnet sind. Soll denselben durch gemeinschaftliche Werthsysteme (s, z) genügt werden, so hat man zwischen den Gleichungen (4^a), (5^a) und (A) s und z zu eliminiren. Das Eliminationsresultat

$$(6^a)\qquad f\left(\frac{c_2}{c_1}, \frac{e_2}{e_1}\right) = 0$$

ist sowohl in Bezug auf $\frac{c_2}{c_1}$, als auch in Bezug auf $\frac{e_2}{e_1}$ vom dritten Grade, weil die drei Paare involutorisch einander zugeordneter Werthsysteme (s, z), welche einem bestimmten Werthe von $\frac{c_2}{c_1}$ entsprechen, für $\frac{e_2}{e_1} = -\frac{G_3(s, z)}{G_4(s, z)}$ nur drei verschiedene Werthe hervorbringen, und umgekehrt. Für einen Werth $\frac{c_2}{c_1} = a$, für welchen die Gleichung (6^a) zwei gleiche Wurzeln $\frac{e_2}{e_1} = \alpha$ hat, geben zwei der drei Paare involutorisch conjugirter Werthsysteme (s, z), welche $-\frac{G_1(s, z)}{G_2(s, z)}$ den Werth a verschaffen, der Function $-\frac{G_3(s, z)}{G_4(s, z)}$ den Werth α. Demnach haben die Gleichungen

$$(4^b)\qquad G_1(s, z) + aG_2(s, z) = 0 \text{ und}$$

$$(5^b)\qquad G_3(s, z) + \alpha G_4(s, z) = 0$$

zwei Paare involutorich conjugirter Werthsysteme (s, z) als gemeinschaftliche Lösungen.

Aus dem Satze I. ergiebt sich unmittelbar:

II. Man kann $c_1, c_2, \ldots c_\lambda$, $e_1, e_2, \ldots e_\mu$ stets so bestimmen, dass

$$(\mathrm{L})\qquad R(s, z) = \frac{c_1 G_1(s, z) + c_2 G_2(s, z) + \ldots + c_\lambda G_\lambda(s, z)}{e_1 G_{\lambda+1}(s, z) + e_2 G_{\lambda+2}(s, z) + \ldots + e_\mu G_{\lambda+\mu}(s, z)}$$

nur in zwei Stellen der Riemann'schen Fläche unendlich erster Ordnung wird.

Ist $\mu = 0$ oder $\lambda = 0$, d. h. gilt in den Gleichungen (K) für $k = 1, 2, \ldots p$ überall das obere oder überall das untere Vorzeichen, so kann man in

$$(\mathrm{L}') \qquad R(s, z) = \frac{c_2 G_2(s, z) + c_3 G_3(s, z) + \ldots + c_p G_p(s, z)}{G_1(s, z)}$$

$c_2, c_3, \ldots c_p$ so bestimmen, dass der Zähler für $p - 2$ beliebige Stellen, in welchen $G_1(s, z)$ Null erster Ordnung wird, gleichfalls von der ersten Ordnung verschwindet, und es wird alsdann der Zähler ausserdem Null erster Ordnung in denjenigen Stellen, welche zu jenen involutorisch gepaart sind, und da diese zu gleicher Zeit die Gleichung $G_1(s, z) = 0$ befriedigen, so ergiebt sich wiederum, dass $R(s . z)$ nur in zwei Stellen unendlich erster Ordnung wird. Setzen wir

$$(\mathrm{M}) \qquad R(s, z) = u,$$

so folgt aus II.:

III. Es lassen sich s und z als rationale Functionen von u und $\sqrt{S(u)}$ darstellen, wo $S(u)$ eine ganze rationale Function von u, und es sind umgekehrt u und $\sqrt{S(u)}$ rationale Functionen von s und z.

4.

Es sei jetzt umgekehrt vorausgesetzt, dass die RIEMANN'sche Fläche (A) durch eine rationale und eindeutig umkehrbare Substitution auf eine zweiblättrige RIEMANN'sche Fläche abgebildet werden könne. Alsdann giebt es bekanntlich eine rationale Function $R(s, z)$, welche nur in zwei Punkten der RIEMANN'schen Fläche (A) unendlich gross erster Ordnung wird.

Setzen wir alsdann

$$(\mathrm{S}) \qquad R(s, z) = u,$$

so sind z und s als rationale Functionen von u und $\sqrt{S(u)}$ darstellbar, wo $S(u)$ eine ganze rationale Function von u, und es sind umgekehrt u und $\sqrt{S(u)}$ rationale Functionen von s und z. Ist daher (σ, ζ) ein Punkt der RIEMANN'schen Fläche (A), für welchen u den nämlichen Werth wie in (s, z) annimmt, so sind σ und ζ eindeutige und demnach rationale Functionen von s und z,

$$\zeta = \phi(s, z), \quad \sigma = \psi(s, z)$$

von der Beschaffenheit, dass

$$z = \phi(\sigma, \zeta), \quad s = \psi(\sigma, \zeta),$$

d. h. zwei Stellen der Riemann'schen Fläche, für welche u den nämlichen Werth annimmt, bilden eine Involution.

Wenn wir diese Bemerkung mit dem Satze III der vorigen Nummer zusammenhalten, so gelangen wir zu dem folgenden Resultate:

Die nothwendige und hinreichende Bedingung dafür, dass eine algebraische Riemann'sche Fläche eine algebraische Involution je zweier ihrer Punkte zulässt, ist die, dass diese Riemann'sche Fläche und eine zweiblättrige Riemann'sche Fläche gegenseitig rational auf einander abgebildet werden können.

Die Grundempfindungen und ihre Intensitäts-Vertheilung im Spectrum.

Von Arthur König und Conrad Dieterici
in Berlin.

(Vorgelegt von Hrn. von Helmholtz am 22. Juli [s. oben S. 649].)

I.

Die Einsicht in die Function der den Lichtreiz percipirenden Elemente des Gesichtssinnes muss angebahnt werden durch Reduction der unendlichen Menge von Farbenempfindungen auf eine möglichst kleine Anzahl von »Elementar-Empfindungen«, deren alleinige oder gleichzeitige Auslösung in wechselnder Intensität und wechselndem Verhältniss die übrigen Farbenempfindungen entstehen lässt. Es ist dieses eine Aufgabe der rein experimentellen Forschung, deren Lösung von jeder theoretischen Annahme freigehalten werden kann und im Folgenden auch freigehalten ist. Aus diesem Grunde ist auch die Bezeichnung »Elementar-Empfindung« im Unterschiede von Hrn. Donders' Zerlegung der Farbensysteme in »Fundamentalfarben« gewählt worden. Hr. Donders nämlich definirt[1] eine fundamentale Farbe, als eine solche, welche einen einfachen Process in der Peripherie repraesentirt und identificirt dieselbe dann mit dem, was wir als Elementar-Empfindung bezeichnen. Darin liegt jedoch ein Überschreiten der Erfahrung, welches hier um so strenger vermieden werden soll, als sich im Verlaufe unserer Untersuchung ein Unterschied zwischen »Elementar-Empfindung« und »Fundamental-Farbe« ergeben wird.

Die erste wesentliche Vereinfachung unserer Aufgabe ergiebt sich für alle Farbensysteme dadurch, dass sämmtliche Empfindungen erzeugt werden können durch Spectralfarben und deren Mischungen, so dass also mit der Reduction der Spectralfarben auf Elementar-Empfindungen bereits das vorgesteckte Ziel erreicht ist.[2] Die Curven,

[1] F. C. Donders, Gräfe's Archiv Bd. 27 (1) S. 176. 1881.

[2] Sämmtliche im Folgenden erwähnten Farbengleichungen wurden mit einem zu quantitativen Versuchen etwas umgestalteten Helmholtz'schen Farbenmisch-Apparat (vergl. Bericht über die wissenschaftlichen Instrumente auf der Berliner Gewerbe-Ausstellung im Jahre 1879. Berlin 1880 S. 520, und R. Schelske in Wied. Ann. Bd. 16

welche entstehen, wenn wir, das Interferenz-Spectrum als Abscissenaxe benutzend, die Stärke der Elementar-Empfindungen als Ordinaten auftragen, wollen wir immer als »Elementar-Empfindungscurven« bezeichnen.

a. Monochromatische Farbensysteme.

Weil hier die Annahme einer Elementar-Empfindung genügt, ist es nur erforderlich, die Intensitäts-Vertheilung in dem Spectrum zu bestimmen, um die Abhängigkeit der Reizung von der Art des Reizes kennen zu lernen.

Die Messungen wurden gemacht[1] an einem Dispersions-Spectrum einer gleichmässig brennenden, besonders geeigneten Gaslampe. Es fand dann zuerst eine Umrechnung auf das Interferenz-Spectrum und weiter auf Sonnenlicht statt.[2] Die Berechtigung zu dieser Umrechnung wurde durch besondere Versuche in der Art nachgewiesen, dass in dem Dispersions-Spectrum des Gaslichtes das Intensitäts-Verhältniss zwischen einer Anzahl von Paaren weit in dem Spectrum auseinander gelegener Stellen bei geänderten Spaltbreiten mehrfach bestimmt und bei demselben Paar stets gleich erhalten wurde. Es war damit nachgewiesen, dass die Relation zwischen der Stärke der Empfindung und der Intensität des Lichtes sich nicht mit der Wellenlänge ändert.

In der folgenden Tabelle, welche die Helligkeits-Verhältnisse d. h. die Stärke der Elementar-Empfindung H in dem Interferenz-Spectrum des Sonnenlichtes enthält, ist ebenso wie in allen folgenden Tabellen, die Maasseinheit für die Elementar-Empfindung so gewählt, dass

$$\int H \cdot d\lambda = 1000$$

S. 349. 1882) ausgeführt. Die experimentellen Einzelheiten bei der Herstellung dieser Farbengleichungen erfordern zu ihrer Darlegung so viel Raum, dass auf dieselben hier nicht eingegangen werden kann.

[1] Der Besitzer des untersuchten monochromatischen Farbensystems ist Hr. Gewerbeschul-Director a. D. Dr. A. Beyssell, dessen Gesichtssinn alle mit einer solchen Anomalie ständig verbundenen Eigenschaften zeigt. Vergl. F. C. Donders, Gräfe's Archiv Bd. 30 (1) S. 80. 1884.

[2] Die Reductions-Coefficienten für die Umrechnung auf das Interferenz-Spectrum wurden aus den Brechungsindices des benutzten Prismas berechnet, hingegen die Coefficienten für die Umrechnung auf das Sonnenlicht durch eine besondere photometrische Messung gewonnen. (Vergl. A. König, Verhandl. der Physikalisch. Gesellsch. in Berlin vom 22. Mai 1885 und 19. März 1886.) Unter Sonnenlicht ist hier immer dasjenige Licht verstanden, welches eine mit Magnesium-Oxyd überzogene Fläche, die bei unbewölktem Himmel von directen Sonnenstrahlen getroffen wird, diffus reflectirt. Vergl. A. König, Gräfe's Archiv. Bd. 30 (2) S. 162. 1884 und Wied. Ann. Bd. 22 S. 572. 1884.

ist, wobei wir H als Function der Wellenlänge λ und $1\,\mu\mu$ ($\mu\mu$ = Milliontel Millimeter) als Einheit der Integrations-Variable festgesetzt haben.

λ	H	λ	H	λ	H	λ	H
655	0.006	580	2.376	520	13.772	464	2.312
631	0.045	570	3.989	510	12.801	454	1.097
619	0.133	560	5.684	500	10.765	448	0.446
610	0.392	550	8.025	490	6.737	437	0.115
600	0.836	540	10.093	480	5.290	426	0.070
590	1.345	530	12.016	474	3.239		

In Fig. 1 (S. 813) ist der Verlauf der Curve H eingetragen.

Bisher ist nur von Hrn. Donders[1] bei einem einzigen anderen monochromatischen Farbensystem eine gleiche Bestimmung gemacht, deren Ergebniss, soweit sich aus den veröffentlichten Daten schliessen lässt, völlig mit den obigen Resultaten übereinstimmt, so dass wenigstens einigermaassen Berechtigung vorhanden ist, den beobachteten Fall als typisch zu betrachten.

b. Dichromatische Farbensysteme.

Bei dichromatischen Farbensystemen lassen sich die Spectralfarben sämmtlich durch Mischen des Lichtes beider Enden des Spectrums herstellen. Die Annahme der von letzteren erzeugten Empfindungen als Elementar-Empfindungen genügt demnach zur völligen Analyse eines Systems.

Die Erfahrung hat gelehrt, dass diese Elementar-Empfindungen, welche wir nach Hrn. Donders' Vorgang als warm und kalt bezeichnen wollen, nicht nur von den äussersten Spectrumenden ausgelöst werden, sondern dass an jedem Ende eine Region besteht, in der nur die Intensität der Farbe sich ändert. Diese beiden Theile des Spectrums wollen wir als die »Endstrecken« und den von ihnen eingeschlossenen Theil als die »Mittelstrecke« bezeichnen.

Der einfachste Weg zur Bestimmung der Elementar-Empfindungscurven ist hier der folgende.[2]

[1] F. C. Donders. New researches on the systems of coloursense. Onderzoek. gedaan in het Physiolog. Laboratorium der Utrecht'sche Hoogeschool 3de Reeks D. VII. Bl. 95. 1882 und Gräfe's Archiv Bd. 30 (1) S. 15. 1884.

[2] Es ist dieses dem Princip nach dieselbe Methode, welche Hr. van der Weyde auf Hrn. Donders' Vorschlag bei dichromatischen Systemen angewandt hat. — Vergl. F. C. Donders, Proces-verbal der K. Akad. von Wetenschappen, Amsterdam. Afd. Natuurkunde. Zitting van 26 Febr. 1881. — F. C. Donders, Gräfe's Archiv Bd. 27 (1) S. 155. 1881. — J. A. van der Weyde. Methodisch onderzoek der Kleurstelsels van

Bezeichnen wir mit L die gleichbreiten Ausschnitten des Spectrums zukommenden Lichtmengen, ferner mit W und K die beiden darin enthaltenen Elementar-Empfindungen und beziehen die Indices 1 und 3 auf zwei in den beiden Endstrecken, den Index 2 auf eine in der Mittelstrecke gelegene Stelle des Spectrums, so lässt sich eine Farbengleichung darstellen durch die Relation

$$L_2 = aL_1 + bL_3,$$

worin a und b zwei experimentell zu bestimmende Coefficienten bedeuten.

Diese und alle folgenden Farbengleichungen wurden, wenn möglich, bei derselben Intensität so oft auf's neue hergestellt, dass der wahrscheinliche Fehler für die Coefficienten a und b nicht mehr als 1 Procent ihres Werthes betrug.

Die Unabhängigkeit solcher Farbengleichungen von der absoluten Intensität wurde stets einer sorgfältigen Prüfung unterworfen und bei den weiter unten angegebenen vier dichromatischen Farbensystemen bestätigt gefunden.[1]

Weil nun in zwei gleich aussehenden Farben jede Elementar-Empfindung in gleicher Stärke enthalten sein muss, so können wir in der Farbengleichung L sowohl durch W wie durch K ersetzen.

Da aber

$$W_3 = K_1 = 0$$

so ergiebt sich

$$W_2 = a \cdot W_1$$

$$\text{und } K_2 = b \cdot K_3.$$

Die Lage des Ausschnittes 2 ist eine ganz beliebige. Man kann daher für jede gewünschte Stelle in der Mittelstrecke die Werthe von W und K bestimmen, wobei die Maasseinheit für jede Curve zunächst willkürlich festzusetzen ist. In jeder der beiden Endstrecken ist der Verlauf der Elementar-Empfindungscurven dann (ebenso wie

---

Kleurblinden. Onderzoekingen gedaan in het Physiol. Labor. der Utrecht'sche Hoogeschool 3[de] Reeks D. VII. Bl. 1. 1881. J. A. van der Weyde, Gräfe's Archiv Bd. 28. (1) S. 1. 1882.

[1] Nur wenn die Farbengleichungen solches Spectrallicht enthielten, welches stark von dem Pigment der Macula lutea absorbirt wird, zeigte sich eine bisher noch nicht näher bestimmte Abhängigkeit. Es wurde ihr Einfluss möglichst dadurch beseitigt, dass man in diesem Theile des Spectrums die Intensität des in verschiedenen Mischungen benutzten Lichtes thunlichst gleich wählte. — Es darf hier ferner nicht unerwähnt bleiben, dass bei einem fünften dichromatischen Systeme auch in anderen Theilen des Spectrums eine solche Unabhängigkeit von der Intensität nicht ganz sicher vorhanden zu sein schien. Es ist dieses System hier nicht weiter berücksichtigt worden, weil seine Durcharbeitung von dem Besitzer selbst, einem jungen Physiker, beabsichtigt wird, derselbe jedoch bisher die dazu erforderliche Musse nicht gefunden hat.

bei einem monochromatischen System) durch Intensitäts-Vergleichung zu ermitteln.

Dieses Verfahren leidet praktisch an dem Übelstande, dass infolge des weiten Abstandes der beiden mit den Indices 1 und 3 belegten Stellen im Spectrum die numerischen Werthe der Coefficienten a und b nicht mit der wünschenswerthen Sicherheit zu finden sind.

Daher wurde bei drei der untersuchten dichromatischen Systemen folgende theoretisch verwickeltere, praktisch aber ergiebigere Methode eingeschlagen. L, W und K haben dieselbe Bedeutung wie oben; die Indices 1 und 7 beziehen sich jetzt auf die Endstrecken, 2 bis 6 auf die Mittelstrecke. Es wurden dann gebildet die Farbengleichungen

$$L_2 = a_2 L_1 + b_2 L_5 \quad \ldots \quad 1)$$

$$L_3 = a_3 L_1 + b_3 L_5 \quad \ldots \quad 2)$$

$$L_4 = a_4 L_1 + b_4 L_5 \quad \ldots \quad 3)$$

$$L_4 = a'_4 L_3 + b'_4 L_7 \quad \ldots \quad 4)$$

$$L_5 = a_5 L_3 + b_5 L_7 \quad \ldots \quad 5)$$

$$L_6 = a_6 L_3 + b_5 L_7 \quad \ldots \quad 6)$$

Aus den Gleichungen 4), 5) und 6) ergiebt sich, wenn L durch W ersetzt wird und man berücksichtigt, dass $W_7 = 0$ ist,

$$W_4 = a'_4 W_3 \quad \ldots \quad 7)$$

$$W_5 = a_5 W_3 \quad \ldots \quad 8)$$

$$W_6 = a_6 W_3 \quad \ldots \quad 9)$$

Ersetzt man in den Gleichungen 2) und 3) L durch W und benutzt die Gleichungen 7) und 8), so kann man drei verschiedene Ausdrücke für W_1 ableiten, nämlich

$$W_1 = \frac{a'_4 - b_4 a_5}{a_1} \cdot W_3$$

$$W_1 = \frac{1 - b_3 a_5}{a_3} \cdot W_3$$

$$W_1 = \frac{b_4 - a'_4 b_3}{a_3 b_4 - a_4 b_3} \cdot W_3,$$

welche bei vollkommen genauer Bestimmung der Coefficienten a und b numerisch gleiche Werthe ergeben müssten, was jedoch infolge der Beobachtungsfehler nicht mit voller Strenge der Fall sein wird.

Dass die Abweichungen trotz der gleichzeitigen Benutzung von Farbenmischungen, welche oftmals Licht derselben Wellenlänge in sehr verschiedenen Intensitäten enthielten, nur gering waren, ist der beste Beweis für die allgemeine Unabhängigkeit der Farbengleichungen von der absoluten Intensität. Unter Benutzung des aus den drei niemals sehr differirenden Einzelwerthen gewonnenen Mittelwerthes von W_1 wurde dann aus Gleichung 1) der Werth von W_2 berechnet. In der Endstrecke, welche die mit dem Index 1 bezeich-

nete Stelle enthält, wurde der Verlauf der (zunächst noch in der Maasseinheit des beliebig anzunehmenden Werthes W_3 dargestellten) Elementar-Empfindungscurve W wie bei der ersterwähnten Methode durch Intensitäts-Vergleichungen erhalten.

Die Bestimmung der zweiten Elementar-Empfindungscurve K geschah in völlig analoger Weise.

In der praktischen Ausführung wurden, um den genaueren Verlauf der Curven kennen zu lernen, mehr als fünf Stellen in der Mittelstrecke bei den Farbengleichungen berücksichtigt, wodurch man oftmals in der Lage war aus dem sich zeigenden unglatten Verlaufe auf das Vorhandensein von Fehlerquellen zu schliessen und deren Beseitigung zu bewirken.

Die beiden so erhaltenen Elementar-Empfindungscurven bezogen sich auf das Dispersions-Spectrum der Leuchtgasflamme und wurden dann in derselben Weise und mit derselben Berechtigung wie bei dem monochromatischen Farbensystem auf das Interferenz-Spectrum des Sonnenlichtes umgerechnet. Der bisher noch willkürliche Maassstab der Ordinaten wurde dann ebenfalls in der Art geändert, dass unter den oben festgesetzten Annahmen für die Längeneinheit die von jeder Curve und der Abscissenaxe umschlossene Fläche den Inhalt 1000 erhielt.

Es ist wohl zu beachten, dass die Gleichsetzung der beiden Flächen, d. h. der Auslösungsstärke der beiden Elementar-Empfindungen durch das Sonnenlicht nur eine rein rechnerische Operation ist, da von einer numerisch angebbaren quantitativen Relation der beiden qualitativ verschiedenen Elementar-Empfindungen nicht die Rede sein kann. Eine solche Festsetzung der Maasseinheiten kann mit demselben Recht für jedes andere Licht, z. B. für das Licht einer Gaslampe, geschehen.

Wenn eine solche Umrechnung für Licht irgend einer Lichtquelle durchgeführt ist, giebt die Abscisse des Schnittpunktes der beiden Elementar-Empfindungscurven die Wellenlänge λ_n desjenigen Spectrallichtes an, welches für den Besitzer des betreffenden dichromatischen Farbensystems denselben Eindruck macht wie das unzerlegte Licht und für welches also die Gleichung

$$\frac{W_{\lambda_n}}{\int W \cdot d\lambda} = \frac{K_{\lambda_n}}{\int K \cdot d\lambda}$$

besteht.

Bei den untersuchten dichromatischen Systemen ist die annähernde Übereinstimmung[1] der Wellenlänge dieses durch Rechnung und Zeich-

[1] Eine genaue Übereinstimmung kann nicht erwartet werden, weil sowohl bei Gas- wie auch bei Sonnenlicht diese aus directer Beobachtung gefundene Stelle (der

nung gewonnenen Schnittpunktes sowohl für Gas- wie auch für Sonnenlicht mit der Wellenlänge des aus directer Beobachtung (Vergleichung des unzerlegten Lichtes mit monochromatischem) gefundenen als Bestätigung für die Richtigkeit der erhaltenen Elementar-Empfindungscurven angesehen worden.

In den folgenden Tabellen sind die Werthe von *W* und *K* für das Sonnen-Interferenz-Spectrum bei vier dichromatischen Farbensystemen enthalten.[1]

Hinsichtlich dieser Tabellen ist noch zu bemerken, dass die in Klammern eingeschlossenen Werthe, welche sich ausnahmslos auf die äussersten, dunklen Theile der Endstrecken beziehen und daher wegen ihrer Kleinheit keinen merklichen Einfluss auf den Gesammtverlauf und den Maassstab der Curven haben, durch ein nicht ganz exactes Verfahren gewonnen worden sind, dessen Beschreibung und Rechtfertigung einer ausführlicheren Darstellung vorbehalten bleibt.

Hr. W. W.			Hr. E. B.		
λ	W_1	K	λ	W_1	K
720	(0.029)	—	720	0.031	—
700	(0.099)	-	700	0.100	--
685	(0.204)	—	685	0.208	—
670	0.471	—	670	0.480	—
650	1.610	—	660	0.799	—
642.5	2.398	--	640	2.407	—
630	4.045	—	620	5.122	0.005
620	5.600	0.001	605	6.891	0.030
605	7.234	0.029	590	8.385	0.057
590	8.244	0.038	575	8.716	0.068
570	8.567	0.110	560	8.594	0.104
550	7.852	0.212	545	7.932	0.178
530	6.090	0.615	535	6.971	—
510	4.784	1.475	530	—	0.409
500	2.392	2.552	515	4.608	1.228
487	0.996	4.707	500	2.562	2.809
475	0.596	10.348	487	1.319	5.988
465	0.348	12.903	475	0.656	10.920
455	0.157	14.768	465	0.250	13.775
440	0.000	14.142	450	—	15.886
400	—	(2.343)	438	—	12.605
			400	—	(2.048)

»neutrale Punkt«) mit steigender Intensität nach dem blauen Ende des Spectrums sich verschiebt. Der Austrag der Controverse, die sich über die von der Intensität abhängige Lage des neutralen Punktes zwischen Hrn. E. Hering und einem von uns (K) entsponnen hat, muss einem anderen Orte vorbehalten bleiben.

[1] Die Besitzer dieser Farbensysteme sind Hr. Geh. Rath Prof. W. Waldeyer, Hr. Cand. phil. E. Brodhun, Hr. Assessor L. Kranke und Hr. Dr. med. H. Sakaky,

Hr. L. K.			Hr. H. S.		
λ	W_2	K	λ	W_2	K
720	(0.002)	—	720	0.004	—
700	(0.006)	—	700	0.013	—
685	(0.012)	—	685	0.029	—
670	0.027	—	670	0.065	—
660	0.051	—	650	0.345	—
645	0.192	—	630	1.026	—
632	0.414	—	610	2.735	—
620	0.919	—	600	3.854	—
610	2.367	—	590	5.708	0.003
600	3.703	—	580	7.639	0.012
590	5.418	—	570	10.016	0.020
580	7.043	—	556	10.817	0.091
570	8.784	—	540	10.423	0.259
560	9.798	—	525	8.914	0.622
550	10.225	—	510	6.867	1.436
535	9.901	—	500	4.163	2.321
521	8.806	6.616	487	2.074	4.290
503	6.555	1.912	475	1.251	8.324
487	4.226	5.216	465	0.736	12.892
479	1.643	9.054	455	0.347	15.004
467	0.451	14.205	445	—	12.262
455	—	18.007	439	—	15.600
440	—	13.98	400	—	(2.585)
436	—	13.056			
430	—	10.826			
420	—	4.906			
400	—	(2.425)			

Bei einer graphischen Aufzeichnung der acht Elementar-Empfindungscurven zeigt sich sofort, dass die vier Curven K bis auf geringe individuelle und von Beobachtungsfehlern herrührende Abweichungen identisch sind, während bei den Curven W zwei Formen heraustreten: der ersten Form, die ihr Maximum bei 570 $\mu\mu$ hat, gehören die W-Curven der HH. W. W. und E. B. an, der zweiten Form mit einem Maximum bei 555 bis 550 $\mu\mu$ die Curven der HH. L. K. und H. S. Weniger genau durchgeführte Messungen an mehreren anderen dichromatischen Farbensystemen ergaben immer eine Zugehörigkeit zu einer dieser beiden Formen, so dass man dieselben als typisch ansehen muss, um so mehr, als auch bei anderen Untersuchungs-Methoden eine Scheidung sämmtlicher dichromatischen Systeme in zwei Gruppen vorgenommen werden muss, welche mit der hier sich zeigenden Trennung zusammenfällt.

Die beiden Typen der Curven W wollen wir von jetzt an (was in den Überschriften der Tabellen schon geschehen ist) durch die zugefügten Indices 1 und 2 unterscheiden.

Die untenstehende Fig. 1 enthält ausser der oben (auf S. 807) bereits erwähnten Curve *H* die Mittelwerthe der Curven W_1, W_2 und *K*. Die individuellen Verschiedenheiten sind zum Theil so gering, dass sie bei dem Maassstabe dieser Zeichnung gar nicht hervortreten würden.

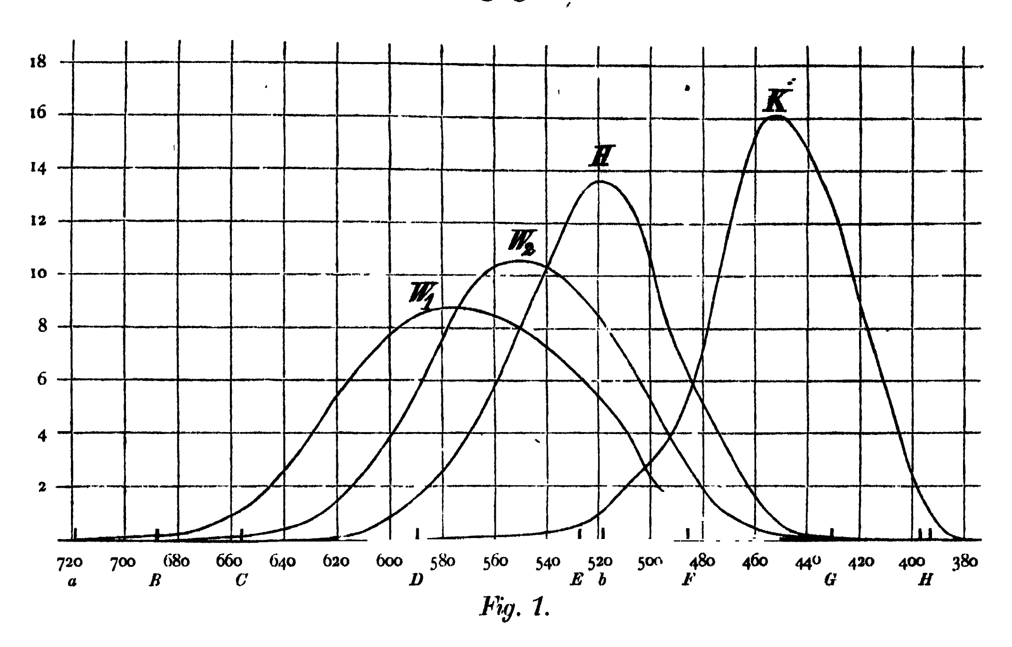


Fig. 1.

Dass die Lage des neutralen Punktes nicht unter die sicheren Unterscheidungs-Merkmale der beiden Typen aufgenommen werden kann,[1] ist eine Folge des durch die Absorption in der Macula verursachten Überwiegens der individuellen Verschiedenheiten der Curven *W* über die typischen Verschiedenheiten gerade an der hier in Betracht kommenden Stelle des Spectrums.

Hr. Donders identificirt, ohne direct mit der Erfahrung in Widerspruch zu kommen, bei den dichromatischen Farbensystemen das, was hier Elementar-Empfindung genannt ist, mit seinen Fundamentalfarben; und die in den oben citirten Arbeiten des Hrn. van der Weyde angegebenen Intensitäts-Curven der Fundamentalfarben in dichromatischen Systemen zeigen ein völliges Zusammenfallen der Curven für die »kalte Fundamentalfarbe« mit unseren Curven *K*. Hingegen weichen die beiden Curven der »warmen Fundamentalfarben« von unseren Curven W_1 und W_2 in der Weise ab, dass ihre Maxima nach dem kurzwelligen Ende des Spectrums verschoben sind. Die Unterschiede sind jedoch der Art, dass sie zum kleineren Theile durch Beobachtungsfehler, zum

[1] A. König. Wied. Ann. Bd. 22 S. 567. 1884 und Gräfe's Archiv Bd. 30 (2) S. 155. 1884.

grösseren Theile aber wohl durch eine Verschiedenheit in der Zusammensetzung des Sonnenlichtes zu erklären sind.[1] Bei den schlank sich erhebenden Curven K wird der letztere Umstand fast gar keinen Einfluss haben.

Ausser den hier besprochenen beiden Typen dichromatischer Systeme ist noch eine andere Form sogenannter Farbenblindheit, die »Violett-« bez. »Blau-Gelbblindheit« beobachtet worden. Hierüber liegen aber bisher keine genaueren Messungen vor.[2]

c. Trichromatische Farbensysteme.

Die Analyse trichromatischer Systeme erfordert die Annahme von drei Elementar-Empfindungen und ist besonders schwierig, weil nur zwei derselben in voller Sättigung im Spectrum vertreten sind, während die dritte niemals rein, sondern nur in geringer Sättigung empfunden werden kann.

Ebenso wie bei den dichromatischen Farbensystemen zeigt sich hier, dass an den Enden des Spectrums die Farbe sich in einem ziemlich ausgedehnten Bereiche nur der Intensität nach ändert. Diese beiden Theile des Spectrums wollen wir wieder als »Endstrecken« bezeichnen und die durch sie ausgelösten Empfindungen, also spectrales Roth und Violett, als zwei der erforderlichen drei Elementar-Empfindungen wählen. Dieselben seien mit R und V bezeichnet.

An die beiden Endstrecken schliesst sich dann nach der Mitte des Spectrums hin je eine Region an, in der jeder Farbenton durch Mischung der an der inneren Grenze gelegenen Spectralfarbe mit Licht der anstossenden Endstrecke erzeugt werden kann. Es sind dieses gewissermassen dichromatische Bezirke, die wir »Zwischenstrecken« nennen wollen. Zu der in der anstossenden Endstrecke vorhandenen reinen Elementar-Empfindung ist hier die dritte Elementar-Empfindung, welche wir mit G bezeichnen wollen, hinzugetreten, so dass also in der ersten Zwischenstrecke die Elementar-Empfindungen R und G, in der zweiten G und V vorhanden sind. In dem von beiden Zwischenstrecken umschlossenen Theil des Spectrums, den wir »Mittelstrecke« nennen wollen, werden alle drei Elementar-Empfindungen ausgelöst.

[1] Hr. van der Weyde benutzte als Lichtquelle eine in den Fensterrahmen eingesetzte matte Glasscheibe, welche wahrscheinlich unter den von ihm angegebenen Verhältnissen Licht von bläulicherem Farbenton ausstrahlte, als das bei uns von directem Sonnenlicht beleuchtete Magnesiumoxyd.

[2] Es bezieht sich diese Bemerkung nur auf congenitale »Farbenblindheit«. Andere Formen sind unter den pathologisch entstandenen Anomalien vorhanden.

Dass die in einer Zwischenstrecke zu der Elementar-Empfindung der anstossenden Endstrecke hinzutretende Elementar-Empfindung nicht diejenige der anderen Endstrecke sein kann, geht aus der Erfahrungs-Thatsache hervor, dass man keine Nuance der Zwischenstrecken aus Licht der beiden Endstrecken mischen kann. Es muss also eine von diesen beiden verschiedene Elementar-Empfindung sein und zwar in beiden Zwischenstrecken dieselbe, weil wir sonst im ganzen vier Elementar-Empfindungen hätten, deren Vorhandensein einem Farbensystem von vierfacher Mannigfaltigkeit entsprechen, also ausser der Bestimmung einer Farbe nach Intensität, Nüance und Sättigung noch eine vierte Charakterisirung möglich machen würde, was mit der Erfahrung im Widerspruch steht.

Die Grenzen dieser Strecken ergeben sich aus unseren Beobachtungen mit sehr geringen individuellen Unterschieden als die folgenden:[1]

Erste Endstrecke...	Äusserstes Roth	—	655 $\mu\mu$
» Zwischenstrecke......	655 $\mu\mu$	—	630 »
Mittelstrecke..............	630 »	—	475 »
Zweite Zwischenstrecke.....	475 »	—	430 »
» Endstrecke.........	430 »	—	Äusserstes Violett,

wobei hervorgehoben werden soll, dass die Grenze zwischen der ersten Zwischenstrecke und der Mittelstrecke (630 $\mu\mu$) und die Grenze zwischen der zweiten Zwischenstrecke und der zweiten Endstrecke (430 $\mu\mu$) nur ungenau zu bestimmen sind, erstere infolge der Unempfindlichkeit des Auges für kleine Sättigungs-Unterschiede in dieser Gegend des Spectrums, letztere wegen der geringen Intensität am kurzwelligen Ende des benutzten Lampen-Dispersions-Spectrums.

Der erstere dieser beiden Umstände war uns insofern noch sehr hinderlich, als wir dadurch genöthigt waren die Bestimmung der Elementar-Curve *V* nach einer ganz abweichenden Methode vorzunehmen.

Durch Lord Rayleigh[2] und durch Hrn Donders[3] ist nachgewiesen worden, dass die trichromatischen Farbensysteme untereinander beträchtlich verschieden sind und mindestens in zwei bisher durch keine nachweisbaren Übergänge verbundene Gruppen zu scheiden sind. Die erste Gruppe ist die weitaus zahlreichste, während die zweite bisher

[1] Die von J. J. Müller (Gräfe's Archiv Bd. 15 (2) S. 208. 1869) hierüber gemachten Angaben stehen mit unsern Erfahrungen und denjenigen sämmtlicher übrigen Beobachter im Widerspruch.

[2] Rayleigh, Nature Vol. XXV p. 64 1881. (Gelesen vor der Section A der British Association. Sept. 2. 1881.)

[3] F. C. Donders, Onderzoek. u. s. w. 3[de] Reeks D. VIII Bl. 170 und du Bois-Reymond's Archiv für Physiol. Jahrgang 1884. S. 518.

sicher constatirte Gruppe nicht häufiger vertreten zu sein scheint, als die dichromatischen Systeme.[1]

1. Normale trichromatische Farbensysteme.

Der Verlauf der Elementar-Empfindungscurven wurde in den beiden Farbensystemen der Verfasser dieser Abhandlung bestimmt.

Die Auffindung geeigneter Farbenmischungen war sehr schwierig, und gelang erst nach mannigfachen fehlgeschlagenen Versuchen. Es dürfen nur solche Farbenmischungen hergestellt werden, bei welchen die Gleichheit der erhaltenen Farben nach Ton und Sättigung empfindlich beurtheilt werden kann und bei deren Combination zugleich die Beobachtungsfehler keinen grossen Einfluss auf die Ergebnisse der numerischen Rechnung gewinnen. Mit Rücksicht auf den ersten Umstand müssen weissliche Farben vermieden, also im Allgemeinen nur einander ziemlich nahe gelegene Theile des Spectrums mit einander gemischt werden, während die Sicherheit der Berechnung es wünschenswerth macht, dass die Componenten einer Mischung im Spectrum möglichst weit auseinander liegen. Nur durch sorgfältiges Abwägen dieser beiden Umstände für jede einzelne Mischung konnte die erfreuliche Sicherheit der nachfolgend angegebenen Resultate erzielt werden.

Die genauere Angabe über die einzelnen Mischungen und ihre rechnerische Benutzung muss einer eingehenderen Darstellung vorbehalten bleiben. Hier sei nur folgendes erwähnt. Die Curven der Elementar-Empfindungen R und G wurden im Principe nach der zweiten der bei den dichromatischen Systemen angegebenen Methoden gefunden. In der ersten Zwischenstrecke wurde zunächst der Verlauf der hier aufsteigenden Curve G bestimmt und dann durch ein ganz analoges Verfahren, wie wir dort den Werth der Ordinate W_1 fanden, eine in der Mittelstrecke gelegene Ordinate von G berechnet. Mit Hülfe des so bekannt gewordenen Stückes der Curve wurde dann in gleicher Weise immer weiter fortgeschritten, bis man zur Grenze der zweiten Zwischenstrecke und zweiten Endstrecke gelangt war. Da bei diesem Verfahren aber meistentheils kleine Sättigungs-Unterschiede auszugleichen waren, so musste man Ordinaten von G in die Rechnung einführen, die zunächst einem noch nicht berechneten, sondern nur durch Vorversuche annäherungsweise bekannten Theile der Curve angehörten. Nachdem die Rechnung einmal bis zur genannten Grenze durchgeführt war, konnte man entweder direct oder mit Hülfe graphischer Interpolation bessere Werthe für diese immerhin kleinen Corrections-

[1] Unter 70 untersuchten trichromatischen Systemen haben wir nur 3 gefunden, welche dieser Gruppe angehörten.

glieder einführen und nunmehr die Curve G in zweiter Annäherung berechnen. Dieses wurde so lange fortgesetzt bis eine nochmalige Durchrechnung den Curvenverlauf nicht mehr änderte, d. h. bis die Curve völlig in sich stimmte und damit eindeutig gefunden war. Dass die letzte Ordinate von G, welche, wie wir oben schon sahen, sich gleich Null ergeben muss, nur einen ganz verschwindenden Werth hatte, war der beste Beweis für die Genauigkeit aller benutzten Mischungen.

Die Berechnung der Elementar-Emfindungscurve R begann in ähnlicher Weise an der Grenze der zweiten Zwischenstrecke und der Mittelstrecke und wurde dann bis zu irgend einer Stelle der ersten Endstrecke fortgesetzt, wo der weitere Verlauf durch Bestimmung der Intensitätsverhältnisse gefunden wurde. Auch hier musste aus der gleichen Veranlassung wie bei der Curve G die Rechnung mehrfach durchgeführt werden.

Die beiden Elementar-Empfindungscurven R und G wurden dann auf Grund derselben Berechtigung und nach derselben Methode wie bei den dichromatischen Farbensystemen auf das Interferenzspectrum umgerechnet und nunmehr hier schon für das Lampenlicht eine Reduction der Massstäbe in der Art vorgenommen, dass (wie früher bei dem Sonnenlicht)

$$\int R \cdot d\lambda = \int G \cdot d\lambda = 1000.$$

Die Wellenlänge des Schnittpunktes dieser so reducirten Curven sei mit λ_{rg} bezeichnet. Es ist dann

$$\frac{R_{\lambda_{rg}}}{\int R \cdot d\lambda} = \frac{G_{\lambda_{rg}}}{\int G \cdot d\lambda}.$$

Bezeichnen wir mit λ_1 und λ_2 die Wellenlängen eines Paares von Spectralfarben, das sich zu der Farbe des unzerlegten Lampenlichtes mischen lässt und mit c einen nur von diesen beiden Wellenlängen abhängigen Factor, so ist, wenn wir R, G und V in dem Maassstabe ausdrücken, dass

$$\int R \cdot d\lambda = \int G \cdot d\lambda = \int V \cdot d\lambda$$

für jedes Paar erfüllt die Doppelgleichung

$$R_{\lambda_1} + c \cdot R_{\lambda_2} = G_{\lambda_1} + c \cdot G_{\lambda_2} = V_{\lambda_1} + c \cdot V_{\lambda_2}.$$

Identificiren wir nun λ_1 mit λ_{rg}, so folgt, da dann $R_{\lambda_1} = G_{\lambda_1}$, aus der ersten Hälfte der letzten Gleichung

$$R_{\lambda_2} = G_{\lambda_2}.$$

Da nun die Erfahrung lehrt, dass nur ein Schnittpunkt zwischen den Elementar-Empfindungscurven R und G vorhanden ist, so muss also für $\lambda_1 = \lambda_{rg}$

$$R_{\lambda_2} = G_{\lambda_2} = 0$$

sein, d. h. mit dem Lichte des Schnittpunktes λ_{rg} ist nur das Licht der zweiten Endstrecke zu der Farbe des Lampenlichtes mischbar. Es hat sich ergeben

	Aus den Curven.	Aus der Beobachtung.	Differenz.
für K	$\lambda_{rg} = 589.8$	588.8	— 1.0
für D	$\lambda_{rg} = 586.$—	585.5	— 0.5

Aus einer ganz ähnlichen Betrachtung folgt, dass dasjenige Spectrallicht, welches das Licht der ersten Endstrecke zu dem unzerlegten Lampenlichte ergänzt, dem Schnittpunkte der Curven G und V zukommt, dessen Wellenlänge mit λ_{gv} bezeichnet sein soll.

Die Beobachtung ergab

für K . . . . . $\lambda_{gv} = 516.5$ $\mu\mu$
für D . . . . . $\lambda_{gv} = 512.$— » .

Das theoretisch nächstliegende Verfahren zur Bestimmung der Elementar-Empfindungscurven V ist, Licht von der Grenze zwischen der ersten Zwischenstrecke und der Mittelstrecke zu mischen mit einem in dem letzteren gelegenen Lichte und dann den Verlauf der Curve V von hier aus nach dem kurzwelligen Ende des Spectrums hin in ähnlicher Weise zu bestimmen, wie wir die Curve R, von der Wellenlänge 475$\mu\mu$ aus nach dem langwelligen Spectrumende fortschreitend, fanden. Die Unempfindlichkeit des trichromatischen Auges für Sättigungsunterschiede bei den Farbentönen der Mittelstrecke verbot diese Methode einzuschlagen und gab Veranlassung ein Verfahren zu ersinnen, welches auf der Kenntniss der Wellenlänge λ_{gv} beruht. Weil alle Werthe von G bekannt sind und $G_{\lambda_{gv}} = V_{\lambda_{gv}}$ ist, so kennen wir auch $V_{\lambda_{gv}}$. Mit Hülfe eines zunächst ganz beliebig angenommenen Werthes für V an einer weiter nach dem violetten Ende des Spectrums hin gelegenen Stelle wurde der Verlauf der Curve V bis zum Beginn der zweiten Endstrecke aus den Farbenmischungen bestimmt und sodann die Curve in der zweiten Endstrecke nach annähernden Versuchen ausgezogen, wobei man, ohne einen beachtenswerthen Fehler zu begehen, im Lampenlichte das Spectrum bei 400$\mu\mu$ enden lassen kann. In der Mittelstrecke, wo aus schon erwähnten Gründen die Mischungen keinen hinreichend sicheren Anhalt für die Curve V gaben, wurde dieselbe in der Weise glatt ausgezogen, dass das Farbenmischungs-Gesetz, nach dem eine Mischung niemals gesättigter ist als irgend eine Spectralfarbe, an allen Stellen erfüllt war. Wie sich bei der praktischen Ausführung ergiebt, ist diese Art der Curvenbestimmung so wenig unsicher, dass sie nach der Umrechnung auf das Interferenz-Spectrum bei der Bildung des Werthes von $\int V \cdot d\lambda$ keinen merklichen Einfluss hat.

Die eine bisher ganz willkürliche Annahme der beliebig gewählten Ordinate von V wurde nun so lange variirt, bis die Gleichung

$$\int V \cdot d\lambda = 1000$$

erfüllt war, womit der ganze Verlauf der Elementar-Empfindungscurve V eindeutig bestimmt ist. Die Werthe R, G und V werden dann in derselben Weise wie bei den dichromatischen Systemen auf das Sonnenlicht umgerechnet. Da man hier nun aber nicht, ohne mit der Erfahrung in Widerspruch zu kommen, bei der Wellenlänge 400 $\mu\mu$ $V = 0$ setzen kann, so wurde aus den FRAUNHOFER'schen Bestimmungen[1] der Intensitäts-Vertheilung im Sonnenspectrum der Abfall der Curve V in der zweiten Endstrecke berechnet und hier benutzt. Darauf fand die Reduction des Maassstabes der Ordinaten in der bekannten Weise statt.

Die nachfolgende Tabelle enthält die gewonnenen Resultate, wobei die nur angenähert bestimmten Werthe von V eingeklammert sind.

λ	Für K			Für D		
	R	G	V	R	G	V
720	0.033	—	—	0.033	—	—
700	0.110	—	—	0.104	—	—
685	0.231	—	—	0.232	—	—
670	0.519	—	—	0.502	—	—
660	0.905	—	—	0.852	—	—
645	2.170	0.124	—	1.891	0.071	—
630	3.988	0.543	—	3.481	0.339	—
620	5.227	1.106	(0.001)	4.827	0.755	(0.001)
610	6.704	2.168	(0.006)	6.246	1.648	(0.006)
600	7.400	3.711	(0.016)	7.076	2.880	(0.016)
590	8.326	5.541	(0.034)	7.988	4.635	(0.034)
577	8.965	8.275	(0.079)	8.799	7.430	(0.067)
563.5	9.505	11.011	(0.169)	9.100	9.911	(0.168)
555	9.471	11.782	(0.260)	9.095	10.858	(0.259)
545	8.776	11.933	(0.394)	8.557	11.217	(0.392)
536	7.709	11.070	0.608	7.857	10.718	0.564
516.5	4.081	7.338	1.247	—	—	—
512	—	—	—	4.158	8.016	1.469
505	2.174	4.473	1.811	3.134	6.376	2.187
495	1.078	2.610	2.729	1.813	4.296	3.283
485	0.587	2.015	5.629	0.925	3.107	5.280
475	0.000	1.703	10.469	0.000	2.497	10.182
463	—	0.925	13.075	—	1.393	13.401
455	—	0.457	13.421	—	0.810	14.143
445	—	0.123	13.693	—	0.256	14.250
435	—	0.000	12.323	—	0.000	11.900
400	—	—	(2.760)	—	—	(2.674)

[1] J. FRAUNHOFER. Denkschriften der Bayerischen Akademie. 1815.

Die Abweichungen zwischen den Curven für *K* und *D* sind zwar unbedeutend, aber da in ihnen eine systematische Vertheilung nicht zu verkennen ist, nur zum kleinsten Theile durch Beobachtungsfehler verursacht.

Weil für diese auf das Sonnenlicht bezogenen Curven ebenfalls die letzte Doppelgleichung von S. 817 gilt, so muss auch hier wiederum λ_{rg} der zweiten, λ_{gv} der ersten Endstrecke complementär sein, d. h. diese Paare von Spectralfarben müssen sich jedes zu der Farbe des Sonnenlichtes mischen lassen. Es wurde λ_{rg} und λ_{gv} experimentell bestimmt und mit der graphischen Aufzeichnung der Elementar-Empfindungscurven verglichen. Es ergab sich

	λ_{rg}			λ_{gv}		
	aus den Curven.	direct beobachtet.	Differenz.	aus den Curven.	direct beobachtet.	Differenz.
für *K*	572.8	573.—	+ 0.2	495.5	496.3	+ 0.8
für *D*	569.5	570.6	+ 1.1	491.8	494.1	+ 2.3

Mit Hinsicht auf die vielen in die numerische Rechnung eingehenden experimentell bestimmten Factoren sind die Differenzen als klein zu bezeichnen, so dass man wohl berechtigt ist, in diesem Grade der Übereinstimmung einen Beweis für die Richtigkeit der gewonnenen Elementar-Empfindungscurven zu sehen.

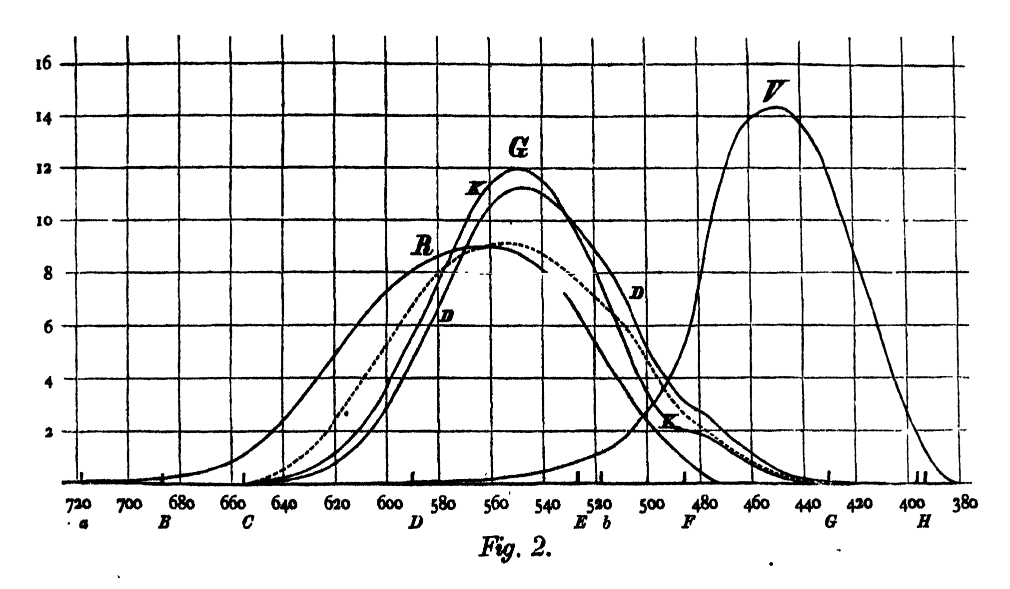


Fig. 2.

Die obenstehende Fig. 2 enthält die Curven *R*, *G* und *V* für *D* und ausserdem die Curve *G* für *K*. Die beiden anderen Curven für *K* weichen so wenig von den entsprechenden Curven für *D* ab, dass sie

sich in der Zeichnung kaum unterscheiden würden. — Bei den Curven von K, besonders bei der gezeichneten Curve G macht sich die Absorption in der macula lutea ganz deutlich als ein den glatten Verlauf der Curve störender Ausschnitt bemerkbar. Derselbe erstreckt sich von etwa 535 $\mu\mu$ bis 475 $\mu\mu$, was auch mit der directen Beobachtung übereinstimmt. Bei D ist diese Absorption viel geringer und auf ein kleineres Intervall beschränkt.

Von Maxwell[1] und Hrn. Donders[2] sind bei je zwei normalen trichromatischen Farbensystemen ebenfalls experimentelle Analysen ausgeführt worden, deren Resultat im Wesentlichen mit dem unserigen übereinstimmt. Auf die Abweichungen der Methoden und ihres Einflusses auf die Ergebnisse kann hier nicht näher eingegangen werden.

2. Anomale trichromatische Farbensysteme.

Ob unter den anomalen trichromatischen Farbensystemen wieder verschiedene Gruppen zu unterscheiden sind, ist eine noch offene Frage, die nur durch grosses Beobachtungsmaterial entschieden werden kann. Hrn. Donders' eingehende, an vielen Personen ausgeführte Untersuchung hat schon ziemlich sicher die Abgrenzung einer Gruppe erkennen lassen.

Wir hatten das Glück, zwei Vertreter dieser Gruppe zu finden,[3] Hrn. Prof. B. und Hrn. Ingenieur Z., welche sich zu einer Bestimmung ihres Farbensystems bereit erklärten. Leider veranlassten äussere Umstände, dass nur eine kleinere Reihe von Farbenmischungen bei Hrn. B. vorgenommen werden konnte und auch bei Hrn. Z., der uns länger zur Verfügung stand, können die erhaltenen Curven bei weitem nicht die Genauigkeit in Anspruch nehmen, welche der Bestimmung unserer eigenen normalen trichromatischen Systeme zukommt.

Die Anordnung der Farbenmischungen, sowie die Methode der Berechnung war dem Principe nach dieselbe wie bei den normalen Systemen; sie musste jedoch, da viel weniger Beobachtungsmaterial

[1] J. Cl. Maxwell. On the theory of Compound Colours, Phil. Trans. of the R. Soc. of Lond. Vol 150. P. I p. 57. 1860.

[2] F. C. Donders. New researches on the systems of coloursense. Onderzoek. ged. in het Physiol. Laborat. der Utrecht'sche Hoogeschool. 3de Reeks VII Bl. 95. 1882.

[3] Hrn. Donders' vortheilhaft gewähltes Kennzeichen für die Unterscheidung der trichromatischen Systeme ist das Verhältniss, in dem Lithiumroth ($\lambda = 670\,\mu\mu$) aus Thalliumgrün ($\lambda = 535\,\mu\mu$) gemischt werden muss, um den Farbenton von Natriumgelb ($\lambda = 590\,\mu\mu$) zu erzeugen. Bei den von uns genauer untersuchten trichromatischen Systemen war

	Li : Tl
für K.	2.66 : 1
„ D.	3.25 : 1
„ B.	0.71 : 1
„ Z.	0.96 : 1

gewonnen werden konnte, beträchtlich vereinfacht werden. Es soll auf die Abweichungen hier nicht näher eingegangen werden.

Die Grenzen der verschiedenen oben charakterisirten Strecken des Spectrums waren von denjenigen normaler trichromatischer Systeme *nicht nachweisbar verschieden. Die Elementar-Empfindungen seien hier* mit R', G' und V' bezeichnet.

Über das Ergebniss der Beobachtungen ist, soweit sie sich auf das Interferenz-Spectrum des Lampenlichtes beziehen, zu bemerken, dass der Werth von λ_{rg} nach der graphischen Aufzeichnung zu 600 $\mu\mu$, durch Bestimmung desjenigen Spectrallichtes, welches das Licht der zweiten Endstrecke zu der Farbe des Lampenlichtes ergänzt, zu 601 $\mu\mu$ gefunden wurde. Beide Werthe zeigen also auch eine hinreichende Übereinstimmung. Die nachstehende Tabelle enthält vollständig die auf das Sonnenlicht bezogenen Elementar-Empfindungscurven des Hrn. Z., während von Hrn. B. die Curven nur soweit angegeben sind, als sie unter gleichen Annahmen für die Höhen der Endordinaten wie bei Herrn Z., sicher berechnet werden können.

In Fig. 2 (auf S. 820) ist bereits die Curve G' des Hrn. Z. punktirt eingetragen.

λ	*Z*			λ	*B*		
	R'	*G'*	*V'*		*R'*	*G'*	*V'*
720	(0.044)	—	—				
700	(0.144)	—	—				
685	(0.298)	—	—				
670	0.689	—	—	670	0.689	—	—
645	2.481	0.291	—	645	2.555	0.319	—
630	4.020	1.259	—	630	4.148	1.205	—
620	5.287	2.269	(0.001)	620	5.349	2.288	—
610	6.690	3.804	(0.004)	610	7.033	3.826	—
600	7.672	5.250	(0.013)	600	7.736	5.149	—
590	8.571	6.678	(0.026)	590	8.140	6.750	—
577	8.678	7.684	(0.041)	577	8.634	8.252	—
560	8.341	8.964	(0.086)	560	8.557	9.364	—
545	7.536	8.956	(0.146)	535	6.348	7.850	—
535	6.348	8.274	(0.198)	520	—	7.135	—
520	5.147	7.135	(0.331)	510	—	—	0.565
505	4.191	5.958	0.882	495	—	—	3.116
495	1.929	3.558	3.129	485	—	—	6.274
485	1.041	3.288	6.210	475	—	—	9.748
475	0.000	3.081	10.194	463	—	—	11.154
463	—	1.784	12.931	455	—	—	13.280
455	—	0.507	12.971	430	—	—	13.760
445	—	0.223	13.280	400	—	—	(3.000)
430	—	0.000	13.570				
400	—	—	(2.985)				

Aus der Tabelle ergiebt sich

1. Die Curve R' weicht einigermaassen von der normalen Curve R ab. — Es soll hier nicht verschwiegen werden, dass eine kritische Betrachtung über die Abhängigkeit der Gestalt der Curve von der Unsicherheit in der Beobachtung und Berechnung eine merklich andere Form als innerhalb der Grenzen der möglichen Beobachtungsfehler liegend ergiebt. Die wesentlichste, weiter unten im Abschnitt II zu erwähnende charakteristische Eigenthümlichkeit der Curve ist jedoch völlig unabhängig von dieser Unsicherheit.

2. Die Curve G' zeigt grosse Unterschiede von der normalen Form. Ihr Maximum liegt zwar an derselben Stelle des Spectrums, ihr Typus ist aber ein ganz anderer.

3. Die Abweichungen zwischen der anomalen Curve V' und der normalen Curve V, welche in dem Intervall 455 bis 430 $\mu\mu$ sogar ziemlich beträchtlich sind, rühren ohne Zweifel von Beobachtungsfehlern her, die hier durch die Umrechnung auf das Interferenzspectrum des Sonnenlichtes besonders stark hervortreten; denn vor jeder Umrechnung d. h. wenn die Curven noch auf das Dispersions-Spectrum des Lampenlichtes bezogen sind, sind die Differenzen sehr gering.

II.

Nachdem wir in Abschnitt I die Analyse der Farbenempfindungen gänzlich frei von theoretischen Annahmen ausgeführt haben, geht nunmehr die weitere Frage dahin, ob sich aus dem bisher Gewonnenen irgend welche Schlüsse auf die physiologischen Vorgänge machen lassen, welche die Farbenempfindungen auslösen. Wir wollen nunmehr unter »Grundempfindung« eine solche Empfindung verstehen, der ein einfacher (d. h. durch keine Art des Reizes weiter zerlegbarer) Process in der Peripherie des Nervus opticus entspricht.[1] Die Anzahl der Grundempfindungen muss in jedem Farbensystem gleich derjenigen der Elementarempfindungen sein.

Die Grundempfindungen lassen sich in gleicher Weise als Functionen der Wellenlänge des Lichtes darstellen, wie es bei den Elementarempfindungen geschehen ist. Der Maassstab sei wieder so gewählt, dass das über die ganze Ausdehnung des Spectrums genommene Integral gleich 1000 ist. Wir wollen nunmehr für die Grundempfindungen folgende Bezeichnungen einführen:

[1] Dieser Begriff der Grundempfindung ist seinem Inhalte nach völlig identisch mit dem, was Hr. Donders, wie oben schon erwähnt, unter Fundamentalfarbe versteht.

bei monochromatischen Systemen $\mathfrak{H}$,
bei dichromatischen Systemen $\mathfrak{W}_1$ und $\mathfrak{K}_1$, bez. $\mathfrak{W}_2$ und $\mathfrak{K}_2$,
bei normalen trichromatischen Systemen $\mathfrak{R}$, $\mathfrak{G}$ und $\mathfrak{V}$,
bei anomalen trichromatischen Systemen $\mathfrak{R}'$, $\mathfrak{G}'$ und $\mathfrak{V}'$.

Da von zwei gleich aussehenden Farben immer die Grundempfindungen in gleicher Stärke ausgelöst werden müssen, so können wir in allen unseren, in Abschnitt I aufgeführten Farbengleichungen L durch eine der Grundempfindungen ersetzen. Weil nun L aber auch durch die Elementarempfindungen ersetzt werden konnte und die Farbengleichungen sämmtlich homogen und linear sind, so bestehen, abgesehen von einer hier bedeutungslosen multiplicativen Constanten, folgende Beziehungen:

1. für monochromatische Systeme

$$\mathfrak{H} = H;$$

2. für dichromatische Systeme

a. vom ersten Typus

$$\mathfrak{W}_1 = \frac{\alpha_1' W_1 + \beta_1' K}{\alpha_1' + \beta_1'},$$

$$\mathfrak{K}_1 = \frac{\alpha_1'' W_1 + \beta_1'' K}{\alpha_1'' + \beta_1''};$$

b. vom zweiten Typus

$$\mathfrak{W}_2 = \frac{\alpha_2' W_2 + \beta_2' K}{\alpha_2' + \beta_2'},$$

$$\mathfrak{K}_2 = \frac{\alpha_2'' W_2 + \beta_2'' K}{\alpha_2'' + \beta_2''};$$

3. für normale trichromatische Systeme

$$\mathfrak{R} = \frac{a'R + b'G + c'V}{a' + b' + c'},$$

$$\mathfrak{G} = \frac{a''R + b''G + c''V}{a'' + b'' + c''},$$

$$\mathfrak{V} = \frac{a'''R + b'''G + c'''V}{a''' + b''' + c'''}.$$

Bei anomalen trichromatischen Systemen, wo die Werthe von $\mathfrak{R}$, $\mathfrak{G}$, $\mathfrak{V}$, R, G und V durch die gestrichelten ersetzt werden, gelten Relationen derselben Form, wie bei den normalen.

Eine diesen Gleichungen entsprechende Verbindung von Elementar-Empfindungscurven wollen wir »Superposition« derselben nennen.

Die einfachste Beziehung, welche zwischen den Farbensystemen verschiedenfacher Mannigfaltigkeit gedacht werden kann, besteht in der Annahme, dass die monochromatischen und dichromatischen Systeme eine bez. zwei von den drei Grundempfindungen normaler trichromatischer Systeme enthalten.

Für monochromatische Systeme ergiebt sich nun durch die Rechnung (sowie auch schon durch blosse Anschauung), dass die Elementar-Empfindungscurve H durch keinerlei Superposition gebildet werden kann. Die bisher genauer untersuchten monochromatischen Farbensysteme können daher nicht entstanden gedacht werden durch Wegfall von einer oder zwei der Grund-Empfindungen der bisher untersuchten di- oder trichromatischen Systeme.

Da man mit Hrn. Donders[1] die monochromatischen Systeme wegen der übrigen immer gleichzeitig vorhandenen Eigenschaften des Gesichtssinnes als eine pathologische Abnormität zu betrachten hat, so ist der Mangel einer einfachen Beziehung zu den nicht pathologisch veränderten Farbensystemen ohne weiteren Belang.

Ganz anders ist aber das Ergebniss über die Verbindung zwischen dichromatischen und normalen trichromatischen Systemen. — Wenn man die Mittelwerthe der Elementar-Empfindungscurven zu Grunde legt, so ergiebt sich mit einer in Rücksicht auf die vorhandenen Beobachtungsfehler vollkommen genügenden Genauigkeit

$$\mathfrak{W}_1 = \mathfrak{R}$$
$$\mathfrak{W}_2 = \mathfrak{G}$$
$$\text{und}\quad \mathfrak{K}_1 = \mathfrak{K}_2 = \mathfrak{V},$$

sobald man annimmt, dass

$$\mathfrak{W}_1 = \frac{W_1 + 0.1\,K}{1.1}$$
$$\mathfrak{W}_2 = W_2$$
$$\mathfrak{K}_1 = \mathfrak{K}_2 = K$$
$$\mathfrak{R} = \frac{R - 0.15\,G + 0.1\,V}{0.95}$$
$$\mathfrak{G} = \frac{0.25\,R + G}{1.25}$$
$$\text{und}\quad \mathfrak{V} = V \text{ ist.}$$ [2]

[1] F. C. Donders, Gräfe's Archiv. Bd. 30 (1) S. 15. 1884.

[2] Man kann in den Ausdrücken für $\mathfrak{W}_2$ und $\mathfrak{G}$ den Coefficienten β_2'' und c'' auch von Null verschiedene, passend gewählte Werthe beilegen, ohne die bis jetzt gefundenen Beziehungen zu stören. Da das vorhandene Beobachtungsmaterial hierzu aber gar keinen bestimmten Anhalt gewährt, so ist die einfachste Annahme gemacht und $\beta_2'' = c'' = 0$ gesetzt worden. Die Unsicherheit der Beobachtung ermöglichte es ferner nicht, zu entscheiden, ob man vielleicht, um zu einer noch besseren Übereinstimmung zu gelangen, den hier gleich Null gesetzten Superpositions-Coefficienten α_1'', α_2'', a''' und b''' einen kleinen von Null verschiedenen Werth beizulegen habe.

Es muss hier ausdrücklich hervorgehoben werden, dass (wofür der Beweis einer ausführlicheren Darstellung vorbehalten bleibt) die Unsicherheit der Beobachtung niemals die Möglichkeit der hier angegebenen Gleichsetzungen in Frage stellt; nur die numerische Grösse der Superpositions-Coefficienten wird dadurch beeinflusst.

Wir können somit also aussprechen: Die beiden bisher genauer untersuchten Typen dichromatischer Farbensysteme kann man aus den normalen trichromatischen Systemen in der Art entstanden denken, dass bei dem einen Typus die Grundempfindung $\mathfrak{R}$, bei dem andern die Grundempfindung $\mathfrak{G}$ fehlt.

Die Tabellen auf der nächsten Seite enthalten die Resultate der Rechnung für die mittleren Curven $\mathfrak{W}_1$ und $\mathfrak{W}_2$ der dichromatischen und die individuellen Curven $\mathfrak{R}$ und $\mathfrak{G}$ der normalen trichromatischen Systeme. Die letzte Spalte bezieht sich auf anomale trichromatische Systeme und wird erst weiter unten Erwähnung finden.

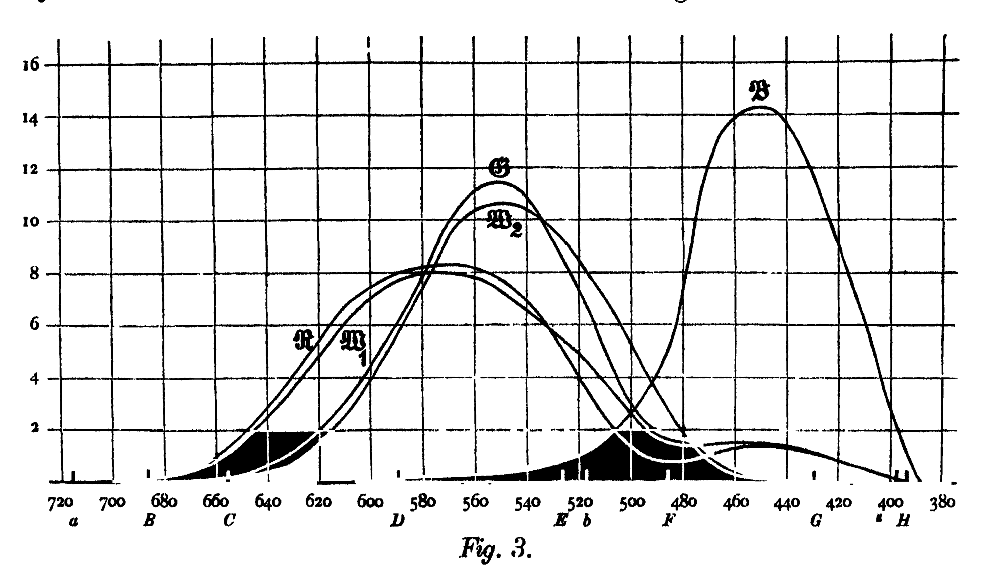


Fig. 3.

Die Gleichheit der entsprechenden Curven ist bei einem von uns (D.) so gross, dass dieselben bis auf eine ganze kurze Strecke bei dem Massstabe der nebenstehenden Fig. 3 nicht getrennt zu zeichnen sind. Wir haben daher ausser den Curven $\mathfrak{W}_1$ und $\mathfrak{W}_2$ nur für den andern von uns (K.) die Curven $\mathfrak{R}$ und $\mathfrak{G}$ eingetragen. Die Abweichung verschwindet hier ebenfalls, wenn man den schon erwähnten, durch die Absorption des Lichtes in der Macula lutea entstandenen Ausschnitt ungefähr auszugleichen sucht und dann wieder die erforderliche Reduction der Ordinaten vornimmt. Ausserdem ist noch eine Curve $\mathfrak{B}$ eingetragen.

Für dichromatische Systeme			Für K			Für D		Für Z
λ	$\mathfrak{W}_1$	$\mathfrak{W}_2$	λ	$\mathfrak{R}$	$\mathfrak{G}$	$\mathfrak{R}$	$\mathfrak{G}$	$\mathfrak{R}'$
720	0.026	0.003	720	0.034	0.006	0.034	0.006	0.033
700	0.087	0.010	700	0.116	0.021	0.109	0.020	0.130
685	0.176	0.020	685	0.243	0.043	0.244	0.043	0.270
670	0.437	0.046	670	0.546	0.100	0.529	0.100	0.627
650	1.43	0.233	645	2.264	0.533	1.979	0.435	2.265
630	3.55	0.76	630	4.112	1.234	3.610	0.967	3.565
620	4.92	1.48	620	5.327	1.930	4.962	1.570	4.806
610	6.04	1.55	610	6.714	3.075	6.316	2.568	6.082
600	7.00	3.78	600	7.405	4.449	7.000	3.719	6.975
590	7.64	5.56	590	7.892	6.097	7.680	5.306	7.800
580	7.97	7.34	577	8.139	8.413	8.110	7.704	7.893
570	7.99	9.40	563.5	8.284	10.709	8.042	7.7[illegible]9	—
560	7.77	10.27	560	—	—	—	—	7.591
550	7.37	10.55	555	8.137	11.320	7.886	10.507	—
540	—	10.39	545	7.395	11.300	7.278	10.685	6.865
530	5.80	9.64	536	6.432	10.398	6.637	10.146	5.790
520	5.00	8.50	520	—	—	—	—	4.711
—	—	—	516.5	3.269	6.686	—	—	—
—	—	—	512	—	—	3.266	7.244	—
505	3.31	6.26	505	1.772	4.014	2.523	5.727	3.890
495	2.03	4.31	495	1.010	2.303	1.576	3.800	2.038
485	1.50	2.72	485	0.892	1.730	1.040	2.670	1.511
475	1.41	1.265	475	0.834	1.362	0.678	2.000	0.927
463	1.44	0.520	463	1.230	0.740	1.201	1.114	1.165
455	1.45	0.173	455	1.340	0.366	1.360	0.648	1.179
445	1.37	—	445	1.407	0.170	1.460	0.200	1.207
430	1.13	—	433	1.297	0.000	1.252	0.000	1.234
400	0.214	—	400	(0.29)	—	(0.281)	—	(0.271)

Ein viel tiefer gehender Blick eröffnet sich uns, wenn wir die anomalen trichromatischen Farbensysteme ebenfalls in den Kreis der Betrachtung ziehen. Man kann nämlich

$$\mathfrak{R} = \mathfrak{R}' = \frac{R' + 0.1 V'}{1.1}$$

$$\mathfrak{V} = \mathfrak{V}' = V' \text{ setzen,}$$

d. h. es lassen sich durch Superposition von R' und V' zwei der Grund-Empfindungscurven normaler trichromatischer Systeme bilden.[1] Hingegen ist durch Rechnung (und Anschauung) ersichtlich, dass hier jede Superposition von R' und G' eine Curve erzeugen muss, deren Gestalt eine Übergangsform zwischen $\mathfrak{R}$ und $\mathfrak{G}$ bildet. Wir können daher die von uns untersuchte Gruppe anomaler trichromatischer Systeme als Verbindungsglied zwischen den normalen trichroma-

[1] Selbst die oben erwähnte beträchtliche Unsicherheit der Curve R' stellt nicht die Richtigkeit dieser Behauptung, sondern nur den hier angegebenen numerischen Werth der Superpositions-Coefficienten in Frage.

tischen und den dichromatischen Systemen des ersten Typus betrachten, sobald wir annehmen, dass bei den letzteren die Intensitäts-Curve der Grundempfindung 𝔊 völlig auf die unverändert gebliebene Curve der Grundempfindung ℜ geschoben ist.

Die vollkommene Berechtigung zu dieser Annahme folgt aus der Bestimmung des Farbentones der drei Grundempfindungen und den Beobachtungen an unilateralen »Farbenblinden«. Aus der auf Grund der Curven ℜ, 𝔊 und 𝔅 construirten Farbentafel ergeben sich, was zum Theil auch direct aus Fig. 3 zu ersehen ist, als die den Grundempfindungen entsprechenden Nüancen

für ℜ ein Roth, welches etwas von dem Roth der ersten Endstrecke im Spectrum nach dem Purpur abweicht,
» 𝔊 ein Grün von der Wellenlänge etwa 505 $\mu\mu$,
» 𝔅 ein Blau von der Wellenlänge etwa 470 $\mu\mu$.

Aus der Configuration der Farbentafel geht ferner hervor, dass unter den Grundempfindungen 𝔅 am meisten, 𝔊 am wenigsten gesättigt im Spectrum vertreten ist; die Farbentafel steht ausserdem im Einklang mit der Erfahrungsthatsache, dass das spectrale Violett immer gesättigter ist, als irgend eine Mischung von spectralem Blau mit spectralem Roth.

Es sind die somit bestimmten Grundempfindungen genau diejenigen Farben, welche Hr. Hering, auf einer rein psychologischen Analyse der Farbenempfindungen fussend, als »Ur-Roth«, »Ur-Grün« und »Ur-Blau« bezeichnet. Das zu der Grundempfindung 𝔅 complementäre Spectrallicht von der Wellenlänge etwa 575 $\mu\mu$ ist das »Ur-Gelb« des Hrn. Hering und entspricht dem Schnittpunkt der Grundempfindungs-Curven ℜ und 𝔊[1].

Wenn wir uns nunmehr die Qualität der Grundempfindung 𝔊 beibehalten, die Gestalt ihrer Intensitäts-Curve aber derjenigen von ℜ ähnlicher geworden denken, so haben wir die untersuchten anomalen trichromatischen Systeme. Ist sie dann so weit verändert, bis sie ganz mit derjenigen von ℜ zusammenfällt, so werden im Spectrum nur zwei Farbentöne (allerdings in verschiedener Sättigung) vorhanden sein, nämlich Blau (λ = etwa 470 $\mu\mu$) und Gelb (λ = 575 $\mu\mu$) und das so entstanden gedachte dichromatische System ist völlig identisch mit den ersten Typus der untersuchten derartigen Systeme, wenn man annimmt, dass die Grundempfindung $\mathfrak{W}_1$ gleich Gelb, und $\mathfrak{K}_1$ gleich Blau sei. Dieses ist aber thatsächlich der Fall, wie die Beobachtungen der

[1] Es ist dieses dieselbe Stelle im Spectrum, wohin nach Hrn. Donders' an 111 Augen ausgeführten Untersuchungen (du Bois-Reymond's Archiv für Physiologie, Jahrgang 1884 S. 535) die meisten Personen das angeblich reinste Gelb verlegen.

HH. Hippel[1] und Holmgren[2] an einem Individuum lehren, dessen rechtes Auge ein dichromatisches, dessen linkes Auge aber ein trichromatisches Farbensystem besass. Die geäusserte Anschauung von der unveränderten Qualität, bei geänderter Intensitätsvertheilung der Grundempfindung 𝔊 hat sich demnach als völlig mit der Erfahrung in Einklang stehend erwiesen.

Inwiefern die übrigen von Hrn. Holmgren aufgefundenen und untersuchten Fälle unilateraler »Farbenblindheit« zur Stütze der Lehre von der Veränderlichkeit der Grundempfindungs-Curven bei gleichbleibender Qualität der Empfindung dienen können, ist erst sicher zu beurtheilen, wenn sich in anderen Gruppen von anomalen trichromatischen Systemen bisher noch unbekannte Übergangsformen gefunden haben werden.

---

[1] A. v. Hippel. Gräfe's Archiv Bd. 26 (2) S. 176. 1880 und Bd. 27 (3) S. 47. 1881.

[2] F. Holmgren. Centralblatt f. d. med. Wissenschaften 1880 S. 898. — Congrès internat. periodique des sciences médicales. 8me Session. Copenhague 1884. Section d'Ophthalmologie. — Ann. d'Oculistique. Tome XCII p. 132. 1884.

Verzeichniss der Medusen, welche von Dr. SANDER, Stabsarzt auf S. M. S. „Prinz Adalbert“ gesammelt wurden.

Von Prof. A. GOETTE
in Rostock.

(Vorgelegt von Hrn. SCHULZE am 22. Juli [s. oben S. 649].)

Diese Medusen, welche mir vom Zoologischen Museum in Berlin zur Bestimmung überwiesen wurden, sind nach den bekannten modernen Methoden conservirt worden, was ihre äusseren Formen im Allgemeinen gut erhalten, sie aber brüchig gemacht und ihre Farben völlig zerstört hat. Den dadurch geschaffenen Schwierigkeiten der Bestimmung gesellte sich noch die weitere hinzu, dass bei der geringen Zahl von Individuen derselben Species und desselben Fundortes die grösste Schonung derselben geboten war. Dies zur Erklärung des Umstandes, dass insbesondere die neuen Formen nicht noch vollständiger untersucht wurden, als es zur systematischen Bestimmung unumgänglich war. Als Grundlage der letzteren wurde das HAECKEL'sche System der Medusen adoptirt. Allerdings lassen sich schon die wenigen neuen Genera der vorliegenden Medusensammlung nicht ganz ohne Zwang in den Rahmen jenes Systems einfügen; ihre geringe Zahl verbietet es aber, deshalb an dem letzteren zu rütteln. Dagegen ist es nicht unwahrscheinlich, dass, sobald uns noch mehr von solchen neuen Formen bekannt werden, das gegenwärtige System der Medusen in vielen Theilen eine grundsätzliche Neuordnung erfahren wird, wobei auch die hier zuerst beschriebenen Medusen eine passendere Stelle finden werden.

Hydromedusen.

1. *Tiara pileata* HAECKEL, 3 Stück. Mit etwa 18 Tentakeln, Schirmbreite etwa 5^{mm}. Carthagena, 28. November 1883.

2. *Callitiara polyophthalma* HAECKEL, 1 Stück, etwa 4^{mm} Schirmbreite. Carthagena, 3. December 1883.

3. *Rathkea fasciculata* Haeckel, 1 Stück, etwa 4^{mm} Schirmbreite. Carthagena, 28. November 1883.

4. *Spirocodon saltatrix* Haeckel, 1 Stück, 50^{mm} hoch auf 30^{mm} Breite. Nagasaki, 6. Juni 1884.

Beschreibung. Das vorliegende Exemplar der von Haeckel zunächst als *Polyorchis saltatrix* aufgeführten Meduse lässt bei äusserer Besichtigung Folgendes erkennen: Der hohe Schirm ist achtkantig mit abgerundeter Kuppe; von den Kanten sind vier perradial, vier interradial. Der Schirmrand ist festonirt, so dass zwischen den Enden von je zwei Kanten ein halbkreisförmiger Lappen herabhängt. Randständig entspringen etwa 320 Tentakel (je 40 an jedem Lappen) mit je einem Ocellus an der Basis, alle in einer Reihe und etwa 20^{mm} lang. Kein Magenstiel, ein vierzipfelig entspringendes, langes und schlankes Magenrohr; der Mund mit vier Mundlappen. Die vier Radialkanäle münden in den achtfach festonirten Ringkanal des Schirmrandes und sind in ihrem Verlauf mit zahlreichen, gegen- und wechselständigen, mehr oder weniger baumförmig verzweigten und blind endigenden Seitenästen besetzt. Aus dem Proximaltheil jedes Kanals entspringt eine dünne und lange, korkzieherförmig gewundene Gonade. Interradial entsendet der Ringkanal gleichfalls baumförmig verzweigte, mit den Kanalästen nicht anastomosirende Centripetalkanäle. Das Velum ist kräftig entwickelt.

Spirocodon stimmt mit den Polyorchiden nur darin überein, dass es überhaupt blindendigende Seitenäste der Radialkanäle besitzt. Im Übrigen entfernt es sich aber von allen bekannten Cannotiden durch dendritische Verzweigung jener Äste, durch die Bildung, Zahl und Ursprungsstelle (kanalar statt in den Seitenästen) der Gonaden, durch den festonirten Schirmrand und das kräftige Velum, sowie insbesondere durch die Centripetalkanäle, welche sonst nur gewissen Trachomedusen zukommen. Es ist daher nicht nur die Bemerkung Haeckel's gerechtfertigt, es dürfte richtiger sein, *Polyorchis saltatrix* zum Typus eines neuen Genus »*Spirocodon*« zu erheben, sondern sie muss ferner als Vertreter einer neuen Subfamilie (*Spirocodontidae*) zwischen die Polyorchiden und Bereniciden eingereiht werden.

5. *Irenopsis hexanemalis* Goette, novum genus, nova species, zahlreiche Exemplare bis 15 und 20^{mm} breit. Zanzibar, 15. September 1885.

Beschreibung. Schirm flach mit 32 kurzen (?) Tentakeln mit verdickter Basis, zahlreichen Randbläschen, kurzem Magenstiel und flachem Magen mit sechs Mundlappen. Aus dem Magen entspringen sechs Radialkanäle, welche distalwärts walzige, zum Theil gewundene Gonaden enthalten. Das Velum rudimentär.

Durch die Kanalgonaden und das rudimentäre Velum erweist

sich unsere Meduse als Leptomeduse, durch die Randbläschen, die Bildung der Tentakel und des Magens steht sie den Eucopiden nahe, von denen sie sich grundsätzlich nur durch die Anzahl der Kanäle unterscheidet. Im Übrigen gleicht sie am meisten einer Irene, so dass sie bei einer entsprechenden Erweiterung der Familienmerkmale (vier bis sechs Kanäle statt nur vier Kanäle) unter die Ireniden aufgenommen werden könnte.

6. *Irene pellucida* HAECKEL, 7 Stück, 3 bis 6^{mm} breit, mit etwa 16 Tentakeln. Zanzibar, 15. und 20. September 1885.

7. *Mesonema macrodactylum* BRANDT. a. 2 jüngere Exemplare von 15 bis 20^{mm} Breite, mit 24 und 25 Kanälen und 8, 9 Tentakeln. b. 2 ältere Exemplare von 30^{mm} Breite mit 50 und 160 Kanälen und 10 (8) Tentakeln. Zanzibar, 15. und 20. September 1885. c. Ein ganz kleines (5^{mm}) und schlecht erhaltenes Exemplar aus Valparaiso, 27. März 1885.

8. *Aglantha globuligera* HAECKEL. Ein mässig erhaltenes Exemplar von 3^{mm} Breite, mit nur 8 adradialen geknöpften Tentakeln, während 4 perradiale und 4 interradiale nur eben angelegt zu sein scheinen. Carthagena, 3. December 1883.

9. *Glossocodon Haeckelii* GOETTE, nova species. 4 Stück von 5 bis 15^{mm} Schirmbreite, eins von den kleineren Individuen mit Cuninaknospen. Zanzibar, 15. und 20. September 1885.

Beschreibung. Unsere Art unterscheidet sich von *Glossocodon Lütkenii* und *aguricus* durch folgende Merkmale: Die Gonaden sind schildförmig oder breit bandförmig ohne terminale Ausschnitte; ihre Abstände sind breiter als sie selbst. Von den drei Centripetalkanälen ist der mittlere merklich breiter und länger als die beiden seitlichen.

Scyphomedusen.

10. *Linerges aquila* HAECKEL, 3 Stück von etwa 20^{mm} Breite. Singapore, 27. April 1884.

Auch an *L. draco* erinnernd; Gonaden leierförmig; beide Hälften zusammenstossend, aber getrennt; Tentakel länger als die Lappen.

11. *Pelagia flaveola* ESCHSCHOLTZ (= *P. denticulata* BRANDT). 1 Stück (*a*) von Zanzibar, 14. September 1885, 1 Stück (*b*) von Callao, 21. Januar 1885, 11 Stück (*c* bis *n*) aus dem Stillen Ocean Br. 37° 42′ S., L. 83° 28′ W. — 12. April 1885.

Die zwei ersten Exemplare aus Zanzibar und Callao von 40^{mm} Breite stimmen im Wesentlichen mit *P. denticulata* BR. aus dem Berings-Meer

überein, so dass also die Verbreitung dieser Art eine ausserordentlich weite ist. Die 11 übrigen, offenbar in einem Schwarm gefangenen Pelagien des Stillen Oceans von 30 bis 40mm Breite, unterscheiden sich von den ersteren durchweg nur durch die kürzeren Arme, einzelne dann noch durch den flachen Schirm, die flachen Lappenausschnitte, die Kürze des Mundrohrs, während der Zottenbesatz der Exumbulla der gleiche zu sein scheint. Diese Merkmale, welche vereinigt auf

	Schirm.	Randlappen-ausschnitt.	Mundrohrlänge.	Armlänge.
a	mittelhoch	tief	= 3/5 Schirmradius	= 1 1/2 Schirmdurchmesser
b	hoch	tief	= 2/3 Radius	= 1 1/2 Durchmesser
c	flach	flach	= 1/5 »	= 9/10 »
d	hoch	flach	= 1/12 »	= 6/7 »
e	flach	tief	= 1/2 »	= 2/3 »
f	flach	flach	= 1/3 »	= 5/8 »
g	mittelhoch	tief	= 4/5 »	= 3/5 »
h	flach	tief	= 2/5 »	= 4/5 »
i	mittelhoch	flach	= 2/5 »	= 3/4 »
k	hoch	flach	= 1/3 »	= 3/4 »
l	flach	flach	= 1/10 »	= 3/5 »
m	mittelhoch	flach	= 3/4 »	?
n	flach	flach	= 1/2 »	= 5/8 »

P. flaveola Eschscholtz passen würden, finden sich aber, wie die nebenstehende Tabelle zeigt, nur im Exemplar *l* miteinander combinirt, sonst aber in so wechselnder Zusammenstellung und Variation unter diesen Artgenossen — Exemplar *g* reiht sich z. B., bis auf die kürzeren Arme, an *a* und *b* an —, dass sowohl eine bestimmte Art-Diagnose auf Grund jener Merkmale, als auch eine genügende Unterscheidung dieser 11 Exemplare von *a* und *b*, d. h. von *P. denticulata* unmöglich wird. Man ist daher gezwungen, *P. flaveola* und *P. denticulata* als Varietäten einer Art aufzufassen, mit folgender Diagnose: Schirm hoch oder flach, Randlappen flach oder tief ausgeschnitten, Mundrohr kürzer als der Schirmradius, Arme etwas länger oder kürzer als der Schirmdurchmesser — Varietät *A* mit längeren Armen und höherem Schirm, Varietät *B* mit kürzeren Armen, flachem Schirm und sehr kurzem Mundrohr. Unter diesen Umständen wäre natürlich der jüngere der beiden Speciesnamen einzuziehen und die variable Art als *P. flaveola* zu bezeichnen.

12. *Dactylometra quinquecirrha* L. Agassiz var. pacifica Goette, 5 Stück von 60 bis 90mm Breite. Nagasaki, 1. und 5. Juni 1884.

Alle fünf Exemplare sind vier- bis fünfmal niedriger als breit; ihre Arme sind bis nahezu doppelt so lang als der Schirmdurchmesser; die Tentakel — manche sind abgebrochen — scheinen alle gleich lang

zu sein, jedenfalls finden bestimmte Längenabstufungen nicht statt. Dies letztere wäre der einzige bemerkenswerthe Unterschied von *D. quinquecirrha*, weswegen ich unsere Form bloss als Varietät der letzteren betrachte.

13. *Sanderia malayensis* GOETTE, novum genus, nova species, 2 Stück von 15 und 25^{mm} Breite. Singapore, 23. April 1884.

Beschreibung. Schirm scheibenförmig, im Centrum etwas vorgewölbt; der Schirmrand besitzt 32 ganz flache und gleich breite Stammlappen, welche durch eine mittlere Ausbuchtung in je zwei Randlappen (im Ganzen also 64) gesondert sind; in den Ausbuchtungen sitzen alternirend 16 Sinneskolben und 16 mittellange Tentakel (zum Theil unvollständig erhalten). Der Kranzdarm besteht aus 32 mit den Stammlappen correspondirenden und daher ebenfalls gleich breiten Radialtaschen, welche in die Lappen auslaufen; in der Radialebene jeder Tasche verläuft an der Subumbrella eine feine dunkle Linie (Muskelleiste?) bis an den Sinneskolben oder Tentakel. Das Mundrohr ist ganz kurz und mit vier kurzen Armen (= $^1/_3$ Schirmradius) besetzt, welche wenig oder garnicht gekräuselte dreieckige Lappen darstellen. Die vier quergefalteten Gonaden krümmen sich centralwärts beinahe kreisförmig zusammen und berühren sich untereinander.

Unzweifelhaft sind unsere zwei Medusen Pelagiden, aber ebenso sicher wegen der 16 Tentakel, 16 Sinneskolben und der rudimentären Mundarme ein distinctes neues Genus derselben. Die von HAECKEL aufgeführten drei Pelagidengenera: *Pelagia*, *Chrysaora*, *Dactylometra* unterscheiden sich wesentlich nur durch die Zahl der Tentakel und Randlappen; *Sanderia* weicht aber nicht nur in diesen Zahlen von ihnen ab, sondern ferner noch in der Zahl der Sinneskolben (16 statt 8) und der Radialtaschen (32 statt 16), in der Lappenbildung — Lappen und Taschen fallen bei *Sanderia* vollkommen zusammen, bei den anderen Pelagiden nicht — und in der Bildung der Mundarme. *Sanderia* dürfte also nicht einfach jenen drei Genera angereiht, sondern müsste ihnen entgegengestellt werden als Vertreter einer eigenen Subfamilie: »*Sanderidae*«. Die ersteren würden alsdann die Subfamilie »*Eupelagidae*« bilden.

Pelagidae.	Sinneskolben.	Radialtaschen.	Mundarme
Eupelagidae	8	16	gut entwickelt
Sanderidae	16	32	rudimentär

14. *Cyanea ferruginea* ESCHSCHOLTZ, 6 Stück von 25 bis 90^{mm} Breite. Singapore, 27. und 28. April 1884.

15. *Aurelia colpota* Brandt, 1 Stück von 45mm Breite, Singapore, 15. Juni 1884; 1 Stück von 70mm Breite, Nagasaki, 6. Juni 1884. 2 Stück von 90mm Breite. Zanzibar, 10. und 15. September 1885.

16. *Aurelia flavidula* Péron et Lesueur, 1 Stück von 60mm Breite. Zanzibar, 15. September 1885.

17. *Aurelia limbata* Brandt, 1 Stück von 80mm Breite. Zanzibar, 15. September 1885.

Der Schirmradius dieses Exemplars ist drei bis viermal so lang wie der Genitalradius, an den viel grösseren Brandt'schen Exemplaren war das Verhältniss wie 2 : 1. Diese Verschiedenheit ist aber gegenüber der sonstigen Übereinstimmung der beiderlei Formen unwesentlich und wahrscheinlich durch das verschiedene Alter bedingt.

18. *Versura palmata* Haeckel var.

a. 4 Stück von 20 bis 25mm Breite. Zanzibar, 17. und 20. September 1885. Schirm flach gewölbt, die Endkolben am Ende jedes Armes so gross wie bei den Pilemiden, in jedem Octanten 4 unvollkommen getheilte Velarlappen.

b. 1 Stück von 30mm Breite. Nagasaki, 27. Mai 1884. Ebenso wie a gebildet.

c. 1 Stück von 45mm Breite. Zanzibar, 20. September 1885. Schirm scheibenförmig, die je 4 Velarlappen vollkommen getheilt, also eigentlich 8.

d. 1 Stück von 16mm Breite. Zanzibar, 15. September 1885. Ebenso wie c, nur flach gewölbt.

e. 2 Stück von 50 und 65mm Breite. Nagasaki, 1. Juni 1884. Schirm flach gewölbt, die stark verletzten und undeutlichen Velarlappen in der Zahl 7 bis 10 (?) in jedem Octanten, ungleich, unvollkommen von einander getrennt.

f. 1 Stück von 30mm Breite. Singapore, 28. April 1884. Scheibenförmig, statt des Endkolbens ein gestielter grosser Nesselknopf, 8 Velarlappen in jedem Octanten.

g. 1 Stück von 20mm Breite. Singapore, 26. April 1884. Flach gewölbt, ohne Nesselknöpfe, mit je 8 Velarlappen, 16 Radialkanälen und zahlreichen Knospen zur Verzweigung derselben und am Ringkanal. Wahrscheinlich eine Jugendform von f.

h. 2 Stück von 5mm Breite. Singapore, 27. April 1884. Larven mit unvollkommen geschlossenen Armkrausen, unverschmolzenen Subgenital-Höhlen. Zu den vorigen gehörig (?).

Ich fasse alle diese Formen als Varietäten von *Versura palmata* auf, weil sie in der wichtigsten Abweichung von derselben, in der Lappenzahl, selbst merklich schwanken, und die fortschreitende Vermehrung dieser Lappen an den grösseren Exemplaren, wie sie Haeckel

beobachtete, zu der von ihm angegebenen Zwölfzahl führen kann. Auch der einmal (f) beobachtete grosse Endknopf an Stelle des Endkolbens kann keinen specifischen Werth haben, da die Meduse im Übrigen mit anderen Exemplaren, z. B. c, d, übereinstimmt.

Für meine Auffassung spricht endlich der Umstand, dass die identischen Formen a und b aus Zanzibar und Nagasaki, dagegen die Varianten a, c, d (Zanzibar), und andererseits b, é (Nagasaki) von je demselben Fundort stammen; d. h. die identische Form ist sehr verbreitet, die Varianten finden sich aber am selben Ort. Diese Thatsache, welche auch für unsere Exemplare von *Pelagia flaveola* gilt, dürfte sich nach meiner Ansicht überhaupt häufiger constatiren lassen, sobald die systematische Bestimmung sich nicht auf einzelne oder wenige, sondern auf zahlreiche Exemplare nächstverwandter Formen stützt.

19. *Crossostoma*, nova species?

a. 1 Stück von 50^{mm} Breite. Anjer, 21. April 1884.

b. 1 Stück von 90^{mm} Breite. Singapore, 27. April 1884.

Beschreibung. Schirm flach gewölbt, acht Velarlappen in jedem Octanten, Arme beinahe doppelt so lang als der Schirmradius, an der Mundstelle isolirte Saugkrausenstücke (Mundrosette) und vier lange und dünne. mit zahlreichen Nesselwarzen besetzte Fäden, bei b am Ende geknöpft. Einige ähnliche, aber kürzere Fäden am Oberarm, weiterhin gestielte Kolben; b besitzt auch lange Endkolben an den Armen, welche a fehlen.

Ich habe auf diesen Befund hin keine neue Species gemacht, weil unsere Exemplare möglicherweise zu einer der drei bisher aufgestellten Arten von *Crossostoma* gehören, was aber bei der unvollkommenen Beschreibung derselben noch nicht zu entscheiden ist.

Sabäische Alterthümer in den Königlichen Museen zu Berlin.

Erklärt von Dr. D. H. Müller,
Prof. an der Universität Wien.

(Vorgelegt von Hrn. Dillmann am 22. Juli [s. oben S. 629].)

(Hierzu Taf. XIII.)

Die Königlichen Museen in Berlin erwarben unlängst von dem Forschungsreisenden Hrn. Eduard Glaser die folgenden Alterthümer aus dem Jemen, deren Veröffentlichung mir gütigst gestattet worden ist. Hr. Prof. Dr. Erman hat die Beschreibungen der Stücke, von denen mir Abklatsche oder Copien vorlagen, dieser Abhandlung eingefügt. Dieselben sind durch Anführungszeichen kenntlich gemacht. Hrn. Prof. Dr. Julius Euting, der während des Ankaufs zufällig in Berlin anwesend war und aus freien Stücken die Abklatsche für mich anfertigte und mir zuschickte, sage ich für die Mühe und Güte meinen verbindlichsten Dank.

I.

Inschrift von Hadaqân.

»Inschriftstein aus Hadaqân, Kalkstein. Länge 92^cm (ursprünglich 94^cm), Höhe 41^cm. Der Stein war nach Hrn. Glaser's Angabe in einem modernen Bauwerk vermauert; beim Ausbrechen hat man ihm den linken Rand und das untere Stück abgeschlagen. Die Inschrift liegt in einem vertieften Feld, die Buchstaben sind vertieft und 25^mm hoch.

Der obere breite Rand ist reich verziert. In der Mitte das Monogramm ꟻ zwischen zwei Dattelbäumen. Daneben beiderseits zwei rechteckige Gitter aus horizontalen Stäben; zwischen diesen ein Stierkopf der oben eine Frucht(?) trägt. Unter den Gittern und dem Stierkopf eine Zahnleiste.«

1 יהען | דבין | בן | יסמעאל | בן | סמכהרב | מלך |
סמעי | הקני | תאלב | עדי | טבין | נפסהו | ובנה[ו |

2 זידם | וזידאל | וכל | ולדהו | וקניהו | וביתהו | יעד |
וארצתהו | תאלקם | וכל | קניהו | וקני | אבהו | יסמעאל [ו | וק

3 ני | ומחמית | ועברת | ואבית | וארצת | תורתי | אבהמי | סמ
האפק | בן | סמהיפע | מלך | סמעי | בחקלם | והגרם | ומחמיה[ו

4 נעמן | דעסי | ושאם | יהען | עמן | בכרם | והופעתת | והמ
תעתת | והותרעתת | ועמן | הותרעתת | ועמשפק | ויהען | ו[ע

5 מסמע | וגנאם | וטרם | ואחהמו | בני | ראבן | ועברהו | דת |
דסמהעלי | פנות | סיר | חדקן | דקני | ועסי | עמן | עמש[פק

6 בן | סרום | קול | ירסם | ועברהו | דת | דאח | ואתם | אתמה |
במוהבת | והבו | אבההו | ואעממהו | אקול | יהיבב | ד[וה

7 בהמו | אמלך | מריב | ושעבן | סמע | מלעב | עברן | דדאח | ובחג |
גדית | והגד | להו | כרבאל | ותר | מלך | סבא | ובחג | מוהבת | וגד[ית | והג

8 דו | ווהבהו | שעבן | סמע | ובחג | גדית | ומתבת | התב |
יתעכרב | בן | דרחאל | בן | יהפרע | דעהרנהן | ועברהו | חיש

9

Übersetzung.

1. Juhaʿin ḏû-Bîn, Sohn des Jasmaʿîl, Sohn des Sumhûkarib, des Königs vom Stamme Samaʿ, weihte dem Taʿlab bei Zabjân seine (eigene) Person und seine Söhne,
2. Zaid[m] und Zaidʾil, und alle seine Kinder; und seinen (beweglichen) Besitz und seine Burg Jaʿûd und seine Ländereien Taʾliq[m]; und seinen ganzen Besitz und den Besitz seines Vaters Jasmaʿîl; und den Be-
3. sitz und die Weideländereien und die Ufergelände und die Burgen und Ländereien der Erbschaft des Uralms von ihnen beiden, des Sumhuʾafâq, Sohnes des Sumhujafaʿ, des Königs vom Stamme Samaʿ, nebst Weichbild und Stadt; und sein Weideland
4. Naʿmân, welches gestiftet und geschenkt hat dem Juhaʿin der ʿAMN des Bakr[m] und Haufaʿtt und Himmatʿatt und Hautarʿatt und der ʿAMN des Hautarʿatt und ʿAmmšafaq und Juhaʿin und ʿAmm-
5. Samaʿ und Ganʾ[m] und Zirr[m] und ihre Brüder, die Söhne Ruʾbân; und sein Gelände, das des Sumhûʿali, in der Gegend des Wadi von Hadaqân, welches erworben und gestiftet hat der ʿAMN des ʿAmmšafaq

6. des Sohnes des Sariw^m, des Fürsten von Jursim; und sein Gelände Ḏât-Da'aḥ, und das אתם, das er darin errichtete von den Gaben, die gespendet hatten seinen Vätern und seinen Oheimen, den Fürsten von Juhajbib, denen
7. geschenkt haben die Könige von Marjab und der Stamm Sama' die מלעב des Geländes Ḏu-Da'aḥ und vermittels der Spenden, welche ihm gespendet hat Karibaïl Watâr, König von Saba' und vermittels der Gaben und Spen[den, welche spen]-
7. dete und ihm schenkte der Stamm Sama', und vermittels der Spenden und Dankesgaben, die entrichtete Jaṯa'karib, Sohn des Ḏaraḥ'il, Sohn des Juhafri' von 'Aḥrânân; und sein Gelände Hais ....

Commentar.

Z. 1. יהען (= يعين). Das ה wurde geschrieben, kaum aber gesprochen, wie die Wiedergabe des Namens יסר יהנעם durch ياسر ينعم beweist. Im Particip fällt das ה öfters auch in der Schrift aus (Sab. Denkm. S. 90). Das n. pr. יהען ist schon bekannt aus Os. 33, 1, Hal. 668, 1 und ZDMG. XXX, 290. Von derselben Wurzel finden sich die nomina propria הען (Sab. Denkm. S. 48) und מענאל (ZDMG. XXX, 292). Beide Eigennamen, יהען und הען, sind wohl abgekürzt aus יהענאל beziehungsweise aus הענאל. Vergl. hebr. יַעְזֵר n. l. und phön. יעזר n. pr. m. (CIS 132, 7), ferner יְעוּשׁ, das ich in Gesenius Wörterbuch, 10. Aufl. mit arab. يغوث »er hilft« zusammengestellt habe.

דבין. Den Ortsnamen בין kennen wir aus Hal. 682, 3 (ZDMG. XXIV, 194): | לדסמוי | בבין | »Dem Ḏu-Samâwî in Bîn« und vielleicht auch aus Reh. 11, 2: | ועדב | בין. Hamdânî führt an mehreren Stellen das W. ذو بين an, so 82, 8 in der Beschreibung des Ḥâridflusses: »Al-Aḥbâb, Nâ'iṭ und Beled eṣ-Ṣajad, in welchem die Wâdîs des hamdanischen Hochlandes (ظاهر) sich befinden wie z. B. Janâ'ah und Ḏû-Bîn und was in sie (die beiden W.) sich ergiesst vom Hochland der Ṣajad«. An einer andern Stelle nennt Hamdânî ذو بين unter den Ortschaften des Districtes al-Ḥašab (111, 25): »Die Ortschaften (قرى) des Districtes al-Ḥašab sind zahlreich. Es sind Janâ'ah, Ḏû-Bîn und al-Aḥbâb und alles, was zwischen Raidah und Warwar liegt. Sie gehören der Ṣajad, den Nachkommen des 'Amr b. Ǧušam b. Ḥâšid«.

Auf Glaser's Karte ist der Ort und das W. dî-Bîn verzeichnet. Das W. ist ein Nebenfluss des W. Šwâbah und wird durch letzteres

von dem Gebiete der Ṣajad getrennt, was in Widerspruch mit Hamdânî zu stehen scheint. Man darf wohl annehmen, dass zur Zeit Hamdânis das Land der Ṣajad viel nördlicher gereicht hat, so dass auch das Wâdi und die Ortschaft Ḏu-Bîn innerhalb dieses Gebietes lag. Das W. Janâʿah, welches nach der angeführten Stelle (82, 8) des Hamdânî in der Nähe von Ḏû-Bîn sich finden musste, sucht man auf der Karte Glaser's vergeblich. Dagegen kennt Glaser (einer brieflichen Mittheilung zufolge) eine Ortschaft Janâʿah im Gebiete der Kelbîn, leugnet jedoch die Existenz eines Wâdî dieses Namens. Zur Zeit Hamdânîs muss aber auch ein Wâdî diesen Namen geführt haben, das vielleicht heute vertrocknet ist oder einen andern Namen angenommen hat.

יסמעאל. Vergl. Hal. 187, 4 und 509, 2.

סמהכרב ist ein häufig wiederkehrender Name, wie überhaupt סמה gern zu Namenbildungen verwendet wird. Über die Bedeutung von סמה (= اسمه) hat J. H. Mordtmann (ZDMG. XXXV, 439) eine, wie mir scheint, glückliche Vermuthung ausgesprochen.

מלך ׀ סמעי. Der Wegfall der Mimation wird nach ZDMG. XXX S. 543 erklärt.

סמעי kann nur heissen »vom Stamme סמע«, wie es unzweifelhaft aus Z. 7 unserer Inschrift שעבן ׀ סמע ׀ hervorgeht. Das Geschlecht des סמע ist kein unbekanntes in den Inschriften. Zwei Fürsten dieses Stammes, welche nach den Fundorten zu schliessen, demselben Geschlechte wie unsere מלך ׀ סמעי angehören müssen, sind schon auf anderen Denkmälern verzeichnet, so Hal. 84 (Ṣiraʿ):

עמשפק ׀ קול ׀ סמעי

»Ammšafaq, der Fürst vom Stamme Samaʿ«

und Miles V

מרתדתאלב	»Martadtaʿlab
בן ׀ פסול	Sohn des F...
קול ׀ סמעי	Fürst vom Stamme Samaʿ«

Es ist nicht unmöglich, dass עמשפק ׀ קול ׀ סמעי mit einem der עמשפק unserer Inschrift (Zeile 4 und 5) identisch ist.

Der Eigenname סמע kommt in den Inschriften von Maʿin öfters vor, so Hal. 509, 2. 4. 577, 1 hat aber selbstverständlich mit dem Stamme סמע unserer Inschrift nichts zu thun. Auch Prid. VIII, 2 nennt סמע und daselbst Z. 4: אויס ׀ כהלין ׀ סמען ׀ דתת »ʿUwais von Kahlân (und dann) vom Stamme סמע aus Tât.« Wir kennen ferner einen göttlich verehrten Patron (שים) dieses Namens, dem die grosse Bronzetafel von Raidah gewidmet ist. Vergl. ZDMG. XXIX 591, wo von שימהמו ׀ סמע öfters die Rede ist. Auf der merkwürdigen Inschrift Hal. 628 + 630, die wir weiter unten besprechen, wird סמע neben der Gottheit דת ׀ בעדנם

und dem König ידעאב angerufen. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass dieser סמע mit dem שעבן ׀ סמע unserer Inschrift identisch ist. Wenn wir simʿ lesen und arab. سِمْع »Bastard von einer Hyäne und einer Wölfin« vergleichen dürften, so hätten wir hier eine Spur von Totemismus, wie sie Robertson Smith nicht erwünschter kommen könnte. Indessen ist weder die Lesung noch die Deutung sicher und mit Hinweis auf die verschiedene nomina loci von der Wurzel سمع bei Hamdâni und besonders auf den Gebel Samaʿ auf Glaser's Karte (nordöstlich von Ḥadaqân) ist unser סמע wahrscheinlich samaʿ zu sprechen. Dazu stimmt das Fehlen der Mimation sehr wohl, weil die Verbalform faʿal in Eigennamen auch sonst die Weglassung der Mimation verursacht.

Fraglich ist, ob der Eponym נשאכרב ׀ בן ׀ כבר ׀ חלל ׀ סמעם ׀ (Hal. 51, 18), welcher in der bezeichneten Inschrift neben כרבאל ׀ ותר ׀ מלך ׀ סבא (Z. 12) erwähnt wird (Vergl. unsere Inschrift Z. 7), in irgend einer Beziehung zu dem Stamme סמע steht. Gegen die Annahme einer Identität spricht die Beibehaltung der Mimation.

הקני ׀ תאלב ׀ עדי ׀ טבין ist ähnlich construirt wie הקני ׀ שימהמו ׀ סמע ׀ עדי ׀ חרמתן (Bronzetafel von Raidah), ferner Reh. 7, 2/3: הקני ׀ שימהמו ׀ תאלב ׀ רימם ׀ עדי ׀ תרעת

Vergl. auch OM. 11 2/5 הקני ׀ תאלב ׀ רימם ׀ עדי ׀ קדמן ׀ דדמהן neben
OM. 12 2/3 הקני ׀ שימהמו ׀ תאלב ׀ רימם ׀ בעל ׀ קדמן ׀ דדמהן

טבין Jâcût III 573, 17 kennt einen Berg Raʾs Ẓabjân in dem Jemen: رأس ظبيان جبل باليمن. In den Inschriften war bis jetzt dieser Ort nicht nachgewiesen. Ich vermuthe jedoch, dass dieser Ortsname טבין auf den gefälschten Broncetafeln gestanden hat, dass aber der Fälscher anstatt des ט (⨯) ein י (⨯) gelesen und nur an einer Stelle richtig טבין copirt hat, was ich früher in יבין ändern zu müssen glaubte. Glaser hat mit diesem יבין vermuthungsweise Abjân verglichen. Ich gebe hier alle Stellen, wo יבין, דיבין bez. דטבין vorkommen.

Miles 3 (ZDMG. XXX 679) heisst es:

תרעת ׀ ואתותכם ׀ לן
סתיפע ׀ ודיבין ׀ ומיפע

und daselbst Z. 10/11:

ויום ׀ תקדם ׀ בארן ׀ דיבין ׀ נסרן ׀ ביחט, womit
Reh. 4/5 ו[ג]טאן ׀ דטבין ׀ נסרן ׀ ביחן

verglichen werden möge.

Endlich ist noch Reh. 10 anzuführen:

מסלמן ׀ דׄדהבן ׀ דׄב	»Eine Schenkung aus Gold von
קדם ׀ יבין ׀ ומסל	יבין und eine Schenkung
מן ׀ במיפע ׀ דׄדהבן	in Maifa' aus Gold«.

An allen diesen Stellen wird יבין bez. דׄיבין neben Maifa' genannt. Für דׄיבין hat eine Inschrift דׄטׄבין. Da nun טׄבין durch unsere Inschrift gesichert ist, so wird es kaum gewagt sein, an allen Stellen דׄטׄבין zu lesen. Ist dies richtig, so müssen wir Zabjân in der Nähe von מיפע suchen, mit welchem es das von Glaser auf seiner Karte signalisirte Medînatên gebildet hat. Indessen bedarf diese Vermuthung noch der Bestätigung.

נסקדהו. Der Gegenstand der Weihung ist nicht wie sonst üblich, eine Broncetafel (מׄשׄנדן) oder ein Bild (צׄלמן) oder Ähnliches, sondern die eigene Person des Weihenden, seine Söhne und sein ganzer Besitz. Ich habe schon (Burgen und Schlösser II 26) darauf hingewiesen, dass mit der Übernahme der Priesterwürde oft Weihung der eigenen Person wie der Kinder an die betreffende Gottheit üblich waren. Am angeführten Orte sind zwei Inschriften ähnlichen Inhalts übersetzt worden, die man vergleichen möge. Ein Beispiel, dass ein Mann seine Tochter der Dâl-Ḥimaj^m, also der Sonnengottheit, weihte, liefert die von Praetorius veröffentlichte Inschrift des British Museum (= Hal. 629):

חיום ׀ בן ׀ עמיד	»Ḥajw^m, Sohn des 'Ammjada',
ע ׀ בן ׀ קדרן ׀ הק	Sohn des Qadrân, weih-
ני ׀ דׄת ׀ חמים ׀ רנ	te der Dât-Ḥimaj^m, Rannat^m
תם ׀ בנתהו	seine Tochter«.

Alle diese Weihungen scheinen denselben Charakter zu haben, wie die Weihung Samuels für den Tempeldienst in Schilôh.

Weitere sehr instructive Beispiele liefern zwei Tempelinschriften von Se'oud Hal. 630 + 631 und 628 + 632. Dass die erwähnten je zwei Fragmente zusammengehören, hat, glaube ich, zuerst Prideaux ausgesprochen. Die erste Inschrift lautet:

1	← נבטכרב ׀ ונבטיפע ׀ בנ]י ׀
2	קומם ׀ ודׄאבם ׀ בני ׀ עשׄרם →
3	עבד ׀ ידעאל ׀ ויתׄעאמר ׀ ה
4	קני ׀ דׄת ׀ חמים ׀ לחיעתׄת ׀ וע
5	מאמר ׀ ירם ׀ שׄימהמו ׀ ידעאב
6	בעלי ׀ כתלם ׀ ובעלי ׀ מבני ׀
7	בית ׀ דׄת ׀ חמים ׀ בעתׄתר ׀ וב ׀ א
8	למקה ׀ וב ׀ דׄת ׀ חמים ׀ וב ׀ דׄת ׀ ב
9	עדן ׀ ובסמע ׀ וב ׀ ידעאל ׀ וב ׀
10	יתׄעאמר ׀ וב ׀ ידעאב ׀ וב ׀ כתלם

1. »Nabaṭkarib und Nabaṭjafaʿ, die Söhne des
2. Qaum^m und Di'b̠^m, die Söhne des ʿAšr^m
3. Diener des Jadaʿil und Jaṯaʿamar weihte
4. der D̠ât-Ḥimaj^m den Liḥajjʿaṯṯ und den ʿAmm-
5. 'amar, am Tage ihres Patrones Jadaʿab,
6. des Herrn von Kâtil^m und des Stifters
7. des Tempels der D̠ât-Ḥimaj^m. Bei ʿAṯtar, bei Al-
8. maqah, bei D̠ât-Ḥimaj^m, bei Dât-Baʿ-
9. dân, bei Samaʿ, bei Jadaʿil, bei
10. Jaṯaʿamar, bei Jadaʿab und bei Kâtil^m.«

Die zweite Inschrift (Hal. 628 + 632) ist oben abgebrochen, lässt sich aber zum Theil leicht ergänzen. Sie lautet:

1 . . א]מר ׀ וצדקאמר ׀ בן ׀ מי . .
2 . יום ׀ שׁימהמו ׀ ידעאב ׀ בעל
3 י ׀ כ]תלם ׀ ובעלי ׀ מבני ׀ בית ׀
4 ד̄ת ׀ חמים ׀ בעת̄ר ׀ וב ׀ אלמ
5 קה ׀ ו]ב ׀ ד̄ת ׀ חמים ׀ וב ׀ ד̄ת ׀ בעדן ׀ ו
6 ב ׀ סמע ׀ וב ׀ ידעאל ׀ וב ׀ ית̄ע
7 אמר ׀ וב ׀ ידעאב ׀ וב ׀ כתלם

Diese Inschrift lautet von Z. 2 ab wörtlich genau wie die vorangehende. Wer die Stifter derselben waren ist ungewiss, jedenfalls waren sie ebenfalls עבד ׀ ידעאל ׀ וית̄עאמר und weihten sie zwei Leute, die von denen in der vorangehenden Inschrift erwähnten verschieden sind, ebenfalls dem Tempeldienst der ד̄ת ׀ חמים.

Man wird an der Richtigkeit meiner Auffassung Zweifel hegen, weil בעלי als Gen. sing. höchst auffallend scheint. Ich gestehe, dass mir dieser Umstand lange den Sinn dieser Stelle verdunkelte, bin aber überzeugt, dass man mir nach genauer Prüfung des inneren Zusammenhanges der beiden Inschriften beistimmen wird. Gegen die Annahme, dass בעלי Dual ist und sich auf die beiden geweihten Personen bezieht, sprechen 1. die Stellung dieses Wortes nach יום ׀ שׁימהמו ׀ ידעאב. 2. Die Unwahrscheinlichkeit, dass die beiden Herren von Kâtil^m und die Stifter des Tempels von anderen Personen der Gottheit geweiht worden sind. 3. der Umstand, dass in beiden Inschriften je zwei verschiedene Personen als die Herren von Kâtil^m und die Stifter des Tempels bezeichnet sein würden.

Dass in alten Zeiten bei den meisten semitischen Völkern Weihungen von Personen an der Gottheit üblich waren, scheint ausser Zweifel zu stehen. Die Bestimmungen Levit. 27, 2 ff. zeigen, dass das mosaische Gesetz nach Möglichkeit dieser alten Sitte steuern wollte.

Z. 2 וקניהו habe ich »beweglichen Besitz« übersetzt, weil daneben der unbewegliche Besitz ausdrücklich und weitläufig aufgezählt wird.

יעד (wohl = يَعُود). Eine Burg dieses Namens erwähnen die Inschriften von Haram Hal. 154, 12: ויעד | ופנן; 163, 2: ובני | פנן | ויעד | בי[ן]ת, ferner kommt dieser Name auch auf einem Fragmente von Ma'în vor (Hal. 206): שבען | ויפען | ויעד. In dem Gebiete von Kamnâ scheint ein Dammbau diesen Namen geführt zu haben (Hal. 271, 4): רתד | רתדאל | מאחדם | יעד | ומסקיתם. Das Monogramm an der Spitze der Inschrift ist selbstverständlich zu lesen.

וארצתהו. Der Plur. ארצת von ארץ ist durch Hal. 361, 3. 362, 4: ארצתן | ואנחלן bezeugt, ebenso ist der Plur. in der folgenden Zeile gesichert, deswegen wird man es auch hier als Plur. fassen, obgleich man sonst wegen der Benennung תאלקם vorziehen würde, es als Singular anzusehen.

תאלקם = تَأْلِيق von ألق II »glänzen«. Ortsnamen dieser Form sind im Nordarabischen sowohl als auch im Sabäischen nicht selten. Vergl. arab. التَّأْوِيل (Bekri 191) und לך | דתאול Fr. 11, ferner تثليث und التسرير. Möglich ist freilich auch die Lesung Ti'lâq^{m} (wie تعشار, تبراك). Eine ähnliche Form bietet auch Os. 1, 11: חזפרם | דתתורם = حزفر ذو تتوير.

Z. 3 מחמית (= مَحَامِيَة) Plur. von מחמים, welches Sab. Denkmäler S. 74 besprochen worden ist. מחמים ist ohne Zweifel dem Sinne nach gleich arab. حِمَى und bezeichnet wie jenes ein Gebiet, das einem Stamme oder einer Gemeinde zugehörig ist, und von welchem sie jeden anderen Stamm und jede andere Gemeinde fernhalten. Der Natur der Sache gemäss können Wälder oder Weideplätze ein Ḥima bilden, nicht aber Saatfelder, Palmenhaine oder Weingärten, wo die Arbeit des Individuums ein strengeres Eigenthumsrecht fordert. In Arabien bedeutet also حِمَى oder מחמים »die einer bestimmten Gemeinschaft zugehörigen Weideländereien« und unterscheidet sich insofern von מרעית, dass man unter letzterem »freie, jedem zugängliche Weideländereien« versteht.

ועברת Plur. von עבר bedeutet »Ufer des Giessbaches, Gelände«, wie schon Sab. Denkm. S. 49 vermuthet worden ist. Bei der künstlichen Bewässerung, welche in dem Jemen üblich war, musste die Lage an den Ufern eines Flusses oder Giessbaches von grossem Einfluss auf die Fruchtbarkeit der angrenzenden Felder sein.

Die ganze Gruppe וקני ׀ ומחמית ׀ ועברת ׀ ואבית ׀ וארצת *steht im Stat.* const. zu dem folgenden תורתי, welches wieder von אבהמי abhängt.

תורתי von der Wurzel ורת (ورث, יָרַשׁ, ܝܪܬ. ወረሰ) erben, welche schon Hal. 154. 27 דהורתהו und Os. 20, 2 ורתהו (ورثه) und 20, 12 אורתהו (اورثه) nachgewiesen worden ist. Hier haben wir einen Infinitiv der II. Form = تَوْرِيث, eine Bildung, die ausser in den Ortsnamen (vergl. תאלקם) auch in תאחום (تَأَخِّي) Hal. 599, 5, תנכרם und תאמנם vorzukommen scheint.

Was das auslautende j in תורתי betrifft, so kann dasselbe auf doppelte Art erklärt werden. Es kann als Zeichen des Plurals angesehen werden, ähnlich wie in פרעהי = فُرَاعِي (siehe Zur vergleichenden sem. Sprachforschung S. 20). Dagegen spricht jedoch der Umstand, dass hier nur von Einer Erbschaft die Rede ist, welche von Einem Erblasser herrührt, wobei freilich angenommen werden kann, dass der Plural die verschiedenen Erbschaftsstücke zum Ausdruck bringt. Wahrscheinlicher ist mir aber die Annahme, dass das j hier den Genetiv sing. bezeichnet, wie in dem oben besprochenen בעלי = بَعْلِ. Die Thatsache ist von grosser Tragweite, weil dadurch im Sabäischen die Existenz zweier Casus erwiesen wäre, die allerdings vielleicht in späterer Zeit vernachlässigt worden sein mögen, wie die Schreibung ארלדם ׀ אדכרום ׀ הנאם im Accusativ (Os. 17. 6 und Derenbourg Etudes 5, 10 beweisen. Hält man damit die aethiopische Accusativendung ä und die Behandlung der arabischen Eigennamen in den nabatäischen Inschriften zusammen,[1] so wird man zu dem Schluss kommen, dass sämmtliche Südsemiten ursprünglich die noch im Nordarabischen erhaltenen drei Casus hatten.

[1] Vergl. Nöldeke in Euting's Nabatäische Inschriften S. 73, wo nachgewiesen wird, dass im Nabatäischen die arabische Nunation in arabischen Eigennamen durch ו wiedergegeben wird. Instructiv sind auch die Schreibungen חלבאלהי והבאלהי תימאלהי. Halévy's Einwendungen gegen diese Auffassung (Revue des Etud. juiv 1885 p. 155) scheinen mir nicht stichhaltig. Er vergisst bei seinem Raisonnement, dass das nabatäische ein aramäischer Dialekt ist und dass es sich lediglich um Lehnwörter handelt. Daher bleibt der Nominativ-Casus unverändert, wie wir ja auch Cicero und Caesar in allen Endungen sagen, wenn wir keine gelehrten Pedanten sein wollen. Deswegen haben auch weder Appellativa und auch Adjectiva die Endung ו, weil sie im Gegensatz zu den nom. propria vollkommen aramäisirt worden sind. Halévy hat Recht, wenn er in der arabischen Schreibung عَمْرٌو nabatäischen Einfluss erkennt, aber das ו ist nicht conservé par hasard, sondern man hat die alte nabatäische Schreibung, die auch sonst nachweisbar ist, hier erhalten, um عَمْرٌو von عُمَر zu unterscheiden. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die Bezeichnung der Nunation im Arabischen aus der Doppelsetzung des Waw و hervorgegangen ist.

אבהמי »des Ahnherrn von ihnen beiden«, nämlich von Juha'în und seines Vaters Jasma'îl. Dass אב in diesem Zusammenhange nur »Ahnherr« und nicht »Vater« bedeuten kann, bedarf kaum einer besonderen Hervorhebung. Stellt man die Könige aus dem Stamme סמע in ihrer verwandtschaftlichen Beziehung zu einander zusammen, so ergiebt sich folgende genealogische Kette:



Dazu kommen noch die zwei Fürsten:

עמשפק ׀ קול ׀ סמעי ׀

und

מרתדתאלב. . . קול ׀ סמעי

Sowohl der Name סמהאפק als die Wurzel אפק kommen hier zum ersten Male vor. Der Stamm אפק ist jedoch aus dem Hebräischen und Arabischen bekannt. Die Grundbedeutung scheint »halten« zu sein, daher hebr. אָפִיק »Behälter, Flussbett«, dann הִתְאַפֵּק »in sich halten, sich beherrschen«, arab. أَفَقَ »siegen« (eigentlich »Standhalten«) intr. أَفُقَ »mächtig sein, hervorragen«. סמהאפק bedeutet demnach »sein Name ist mächtig, hervorragend«, ähnlich wie סמיפע. Zu vergleichen sind noch die biblischen nom. loci אֲפֵק und אֲפֵקָה.

בחקלם. Die Praeposition ב kann hier nur »mit« bedeuten, ähnlich wie im Hebräischen עֵץ בְּלַחְמוֹ (Jer. 11, 19) »den Baum mit seiner Frucht«, oder arab. الْحِمَارُ بِلِجَامِهِ. Diese Gebrauchsweise des ב ist auch sonst in den Inschriften zu belegen, z. B. Os. 1, 9 בבלטתם ׀ רצים »mit gangbaren בלט Münzen«, ferner in den häufig vorkommenden Ausdruck במשוד ׀ מען »mit dem Fürsten von Ma'în« u. s. w.

Zu חקלם, das inschriftlich vielleicht schon Hal. 51, 15 zu erkennen ist, vergleiche arab. حَقْل, aram. חקלא, aeth. ሐቅል:, assyr. 'iklu. Das Hebräische gebraucht חֶלְקָה in gleichem Sinne. Die Form חקל scheint jedoch in der Liste palaestinensischer Ortsnamen vorzukommen, welche Scheschonk I nach seinem Eroberungszuge im Jahre 927 v. Chr. hat

anfertigen lassen, so 68 und 75 pi-ḥa-ḳa-la-a (חקלה). Vergl. auch Nr. 71 und 107 pi-ḥa-ḳa-la-im (חקלים). Hamdâni gebraucht den Ausdruck حَقْل synonym mit قاع (111, 11 bis 13) und kennt auch ein Nomen loci الحَقْلَيْن in dem Jemen.

Zu הגרם vergleiche ich arab. هَجَرٌ, das in der determinirten Form הגרן häufig in den Inschriften vorkommt.

Z. 4 נעמן. Die Bestimmung der Lage ist bei der Häufigkeit dieser Ortsnamen in den Inschriften und den arab. Geographen nicht möglich.

עסר wurde bis jetzt nach dem Vorgang Halévy's »machen« übersetzt und mit hebr. עָשָׂה zusammengestellt. Ich hatte mich trotz der lautlichen Bedenken, die ich ausdrücklich anerkannte, dieser Ansicht angeschlossen. Eine erneuerte Prüfung dieser Wurzel und der in Inschriften vorkommenden Stellen lässt es mir jetzt als glaublicher erscheinen, dass sab. עסר mit aeth. ዐሰየ: »vergelten, belohnen« zusammenhänge und also nicht »machen«, sondern »als Belohnung oder Vergeltung schenken«. Es kann wohl auch heissen »aus Dankbarkeit stiften«. Dieser Sinn passt an allen Stellen und die etymologische Erklärung bietet keine lautliche Schwierigkeit. Vielleicht hängt das arab. عَسَى etymologisch auch damit zusammen.

דעסר | ושאם | יהען | עמן | בכרם. »Was geschenkt und gestiftet hat dem Juha'in der 'AMN des Bekr^m«. Über die Bedeutung von שאם wird ausführlich zu Euting's sab. Inschriften gehandelt. Ich habe יהען als entfernteres Object und עמן als Subject aufgefasst, weil der Zusammenhang wie die Wortfolgegesetze der sab. Inschriften diese Auffassung fordern. Vergl. z. B. בכבודת | ואכרב | כתרב | עתתר | דקבץ | אהל | סברר »von den Ehrengaben und Ehrengeschenken, womit beehrt hat den 'A. ḏû Ḳ das Geschlecht der Frommen«.

Die genaue Bedeutung von עמן ist vor der Hand nicht zu ermitteln; es scheint aber eine Würde oder Amt, vielleicht priesterlicher Art zu bezeichnen. Nach unserer Stelle:

ומחמיתת[ר |]נעמן | דעסר | ושאם | יהען | בכרם |

ist Fr. XL, 2/3 zu lesen

בית | וגבלת [ו | דעסר | ר]שאם | ינעם | עמן | בנר | כשחת

und zu übersetzen: »Burg und Grenzgebiet, welches geschenkt und gestiftet dem Jan'am (Name des Weihenden) der 'AMN der Banî-Kašḥat«. Von einem עמן | אלמקה ist Sab. Denk. S. 73 die Rede.

בכרם (= nordarab. بَكْر) hier zum ersten Male.

חמתעתת (= حِمَّة عثت). Vergl. חממאל Hal. 385. Die beiden anderen

mit עתת zusammengesetzten Namen sind schon aus den Inschriften bekannt.

עמשפק ist vielleicht identisch mit עמשפק ׀ קול ׀ סמער. Vergl. oben. Der folgende Name יהלען bezeichnet nicht den Stifter unserer Inschrift, sondern einen anderen Mann gleichen Namens.

Z. 5. Die beiden n. propria גנאם und טרם sind neu. Die Wurzel גנא freilich ist schon nachgewiesen und bedeutet »mit einer Mauer umgeben.«

טרם = arab. ظُرّ »Stein mit Messerscharfen Rand«. Damit scheint hebr. צֹר Ex. 4, 25 und wohl auch der Name צור Tyros zusammenzuhängen.

ראבן vergl. ראבאל H. 353, 1. 14 und die nordarabischen Namen رؤبة und رئاب, wozu Ibn Duraid: واشتقاقه من قولهم وأبت الشيء ارأبه اذا اصلحته

ועברהו ׀ דת ׀ דסמהעלי »und sein Gelände, das des Sumhû'ali«. Das Substantiv עבר wird also im Sab. als fem. behandelt, womit der Plur. עברת wohl übereinstimmt. Zu der Construction דת ׀ דסמ״ vergleiche דת ׀ דנדבן Hal. 465, 4 und דת ׀ בפנר Lang 1.

פנות. Vergl. zu Langer XII. Hier scheint jedoch פנות »in der Richtung vor« (wie hebr. פְּנֵי, phön. פנת) zu bedeuten.

סיר ist in ähnlichem Zusammenhange in der Inschrift schon nachweisbar, so H. 359, 2 סיר ׀ הגרן ׀ הרמם
H. 147, 2 סיר ׀ ומפר ׀ הגרן ׀ הרמם

Praetorius hat unter Hinweis auf سار »gehen« سور »Mauer« das Wort סיר Umgebung übersetzt. Das ist wohl möglich, aber durchaus nicht sicher. Neben סיר kommt in derselben Inschrift 147, 4 סר ׀ הרמם (ohne j) vor, ferner daselbst Z. 10 ול ׀ סר המו ׀ ומחגרתהמו ׀ ומרעיתהמו. Vergleicht man damit

Fr. 11, 7: ואסררהו ׀ ומרעיתהו und

Fr. 11, 6: אסרר ׀ ירדקן ׀ בן ׀ מרס ׀ ומרעיתהמו

so ist nicht unwahrscheinlich, dass סיר nur eine scriptio plena für סר = سِرّ »Thal, Wâdî« sei.

Dazu passt sehr wohl בסירנהן ׀ משר ׀ ומציחם (H. 49, 9) in den Thälern Mašar und Muṣajjiḥ.«

חדקן = حَدَقان Hamdânî 81, 26. 83, 3. 109, 8. 22. erwähnt Hadaqân, das auch auf Glaser's Karte verzeichnet ist. Dass in Hadaqân alte Ruinen sich befunden haben, ist schon von Hamdânî signalisirt worden. Vergl. Burgen und Schlösser I, S. 30 und 31. Auch auf Reh. 10 kommt חדקן neben מיפע und טבין vor.

Z. 6. סרום = سَرِيّ (aus سَرِيو) Ibn Dur. 43: والسَّرِيّ فعيل من قولهم سرو الرجل اذا صار سَرِيًّا »grossherzig«. Von derselben Wurzel heissen auch die Alpen des Jemen سراة.

קיל (= قَيْل aus قَوِيل) ist schon belegt, Plur. אקול.

ירסם = يرسم. Hamdâni kennt eine Stämmeconföderation يُرْسِم S. 114, 13: صعدة ساكنها الاكيليون من آل ربيعة من سعد الاكبر بن خولان ويرسم جماع قبائل من الكلاع ومن همدان ومن سعد بن سعد ومن باقي بطون خولان وغيرها Vergl. auch 124, 23. Es ist nicht sicher ob dieses Jursim gemeint ist. Glaser verzeichnet auf seiner Karte einen Ort Beyt-Rassâm unweit (nördlich) von Hadaqân.

Mit ועברדהו fährt der Weihende in der Aufzählung der Besitzthümer, welche er dem Ta'lâb geweit hatte, fort.

דת ׀ דאת. Die Wurzel דאת findet sich weder im Sab. noch auch im Nordarabischen.

ואחם ׀ אחמה. Die Bedeutung der Wurzel אחם ist, trotzdem sie wiederholt in den Inschriften vorkommt, äusserst schwer zu bestimmen. Aus Hal. 528, 2 geht hervor, dass es eine Baulichkeit bezeichnet. Die Stelle lautet: קניו] ׀ וברג ׀ וקיף ׀ ואחם ׀ ביתסם ׀ »sie nahmen in Besitz, versahen mit einem Thurm, einem Brunnen und einem אחם ihre Burg . . .« (Zur Ergänzung von קניו und zur Bedeutung von קיף vergl. ZDMG. XXX 684 und 688.) Ausserdem kommt אחם noch vor Hal. 451, 3 ויום ׀ אחם ׀ וציר ׀ כחלסר, ferner Hal. 157, 4. 174, 3. 365, 3 und vielleicht auch 459. 4. Das Substantiv מאחמן ist ZDMG. XXIX S. 602 nachgewiesen worden.

Was den Zusammenhang betrifft, so kann ואחם nur ein weiteres Object von הקני der ersten Zeile und אחמה (= أتمها) eine verbale Nebenbestimmung sein. Das Suffix bezieht sich auf עברדהו. Der אחם muss jedenfalls ein kostspieliger Bau gewesen sein, wenn man bedenkt, dass die Baukosten von so verschiedenen und einflussreichen Persönlichkeiten bestritten worden sind.

במוהבת (مَوَاهِبَة Plur. von مَوْهَب) ist durch. das folgende והבו determinirt.

אבההו ist Plur., wie אעממהו zeigt, und zwar Plur. san. für אבהיהו. Über die Pluralform אבהי siehe Zur vergleichenden sem. Sprachforschung S. 8.

אקול ׀ יהיבב ist eine nähere Bestimmung zu אעממהו; denn seine Ahnen (אבההו) waren, wie wir wissen, אמלך ׀ סמע oder אקול ׀ סמע »Könige oder Fürsten der Sama'«.

יהיבב. Der Ortsname und die Wurzel יבב sind neu in den Inschriften. Das Arabische bietet von der Wurzel יבב nur يباب in der Phrase ارض خراب يباب »ein ödes wüstes Land«. Im Hebr. ist וַתְּיַבֵּב Richt. 8, 28 ἅπαξ λεγ. und wird »klagen« übersetzt. Das Syrische und Jüdisch-Aramäische hat diese Wurzel ziemlich häufig und die Bedeutung von ܝܒܒ und יַבֵּב ist »lärmen, posaunen, jubeln«, ebenso bedeutet aeth. የበበ፡ jubilavit, plausit.

Z. 7 אמלך ו מריב. Die Bezeichnung der sabäischen Könige durch »Könige von Marjab« tritt hier zum ersten Male auf, aber noch in derselben Zeile findet sich die gewöhnliche officielle Benennung מלך ו סבא. Über die Aussprache von אמלך (= أَمْلُوك, مُلُوك) vergl. zu Langer 7, 2.

מלעב kann Spiel- oder Kampfplatz aber auch Kämpfgenossen bedeuten und ist schon in Hal. 262, 2 מלעב ו אבהס ו יסמע nachweisbar, wo jedoch der Sinn wegen des fragmentarischen Charakters der Inschrift dunkel ist.

ובהג. Diese Partikel ist aus den Inschriften genügend bekannt, hat aber stets die Bedeutung von »wegen«, bezeichnet also den Grund oder die Ursache einer Handlung.[1] Hier jedoch scheint sie mir, wie einfaches ב oder wie במקם und בחיל, das Mittel, wodurch die Handlung vollbracht wurde, zum Ausdrucke zu bringen. Wollte man ובהג in der geläufigen Bedeutung nehmen, so müsste man auch dem vorangehenden ב von במוהבת denselben Sinn unterschieben und die ganze Stelle von במוהבת ab als den Grund der Weihung auffassen. Dagegen spricht jedoch entschieden der noch lesbare Schluss der Inschrift Z. 8 ועברהו ו חיש »und sein Gelände Ḥais«, was unzweifelhaft ein weiteres Object von הקני ist und also beweist, dass die Aufzählung der Widmungen noch nicht abgeschlossen sei. Freilich müssen wir in den folgenden Zeilen auch den Grund der Widmung erwarten, der hier wahrscheinlich durch יום ו תקדם oder ähnlich eingeleitet war; aber der Schluss der Inschrift, die vielleicht noch einige Zeilen zählte, ist eben zerstört.

Zu גדית ו הגד ו להו ו vergl. arab. جَدَى IV »Nutzen erweisen«, جَدْوَى »Geschenk«. Zu ו הגד ו für הגדי vergl. רא für ראי; פא für פאי; ספא für ספאי; סת für סתי; את für אתי und in Eigennamen בנאל für בניאל; בנד für בניוד u. s. w.

כרבאל ו ותר ו מלך ו סבא gehört der II. Periode der Sabäischen Geschichte, der Königszeit, an (vergl. Burgen und Schlösser II, 31 und 40). Dieser synchronistische Hinweis auf Karibael ist von Wichtigkeit für

[1] Vergl. ZDMG. XXXVII S. 4.

die Zeitbestimmung unserer Inschrift, wie für die der Dynastie der Sama'ischen Fürsten und Könige.

Z. 7—8. ובחג ׀ מהבת ׀ גד[ית ׀ הג]דו ׀ וההבהר »vermittels der Gaben und Spenden, die gespendet und gegeben« ist ein merkwürdiges Zeugma (لفّ ونَشْر), von dem schon zwei andere Beispiele bekannt sind (vergl. ZDMG. XXX, 123 und Derenbourg Études .p. 11 note 2).

Z. 8 יהעכרב ist als minäischer und sabäischer Eigenname schon bekannt. Vergl. Hal. 174, 1. 204, 1. 374, 2. 401, 2.

דרחאל ׀ בן ׀ יהפרע ׀. Umgekehrt kennt Hal. 49, 3 יהפרע ׀ בן ׀ דרחאל.

דעהרנהן. Dieses nom. loci ist neu; wohl aber sind die Wurzel עהר und andere aus diesen Wurzeln gebildete nom. loci nicht selten in den Inschriften.

ועברהו ׀ חיש. »Das Gelände Ḥais« ist wohl identisch mit Qâ' Ḥais der Glaser'schen Karte und bezeichnet demnach einen Landstrich, der sich an dem Ufer des Wadi Swâbah erstreckt. Interessant ist die Schreibung mit ש weil man mit Sicherheit hebr. חוש »eilen, schnell sein« vergleichen, eine passende Benennung für einen Giessbach »der Schnelle«.

Der Schluss der Inschrift, der uns über die Gründe der Widmung hätte aufklären können, ist leider zerstört.

II.

»Broncetafel aus Ṣan'â, 13cm hoch, 16cm breit, die untere Hälfte fehlt, fünf Zeilen erhabener Schrift in vertieftem Feld. Oben noch Nagellöcher.«

Mir liegen eine Copie von Euting's Hand und eine spätere von Dr. Moritz zugeschickte vor.

Hr. Prof. A. Erman schreibt mir darüber.

»Hr. Glaser zweifelte die Broncetafel in Bezug auf ihre Echtheit an, weil ein Wort auf ihr irrig wiederholt sei. Sie ist aber aus inneren Gründen ganz zweifellos echt. Das schöne rothe Oxyd und der steinharte Überzug aus Sand und Oxyd sind Dinge, die kein Fälscher machen kann. Die besten Kenner, die wir in Echtheitsfragen von Broncen hier haben, die HH. Dr. Dressel, Dir. von Sallet und Prof. Furtwängler erklären dieselbe für zweifellos echt und auch ich habe nie an der Echtheit gezweifelt.« Man wird aus der Erklärung sehen, dass auch von Seiten des Inhalts kein Grund vorhanden ist, die Tafel für unecht zu erklären.

Sie lautet in Transscription:

1 עבדם ׀ אצדק ׀ ובנידו ׀ בנו
2 בנו ׀ צידם ׀ אדם ׀ ד֯עימן ׀ הקניו
3 שימהמו ׀ ודם ׀ שהרן ׀ בעל֯ ׀ קב
4 ב ׀ משׂכדן ׀ ומקטרן ׀ בחר ׀ מקטר ׀ ס
5 רק ׀ בן ׀ מחרמהו ׀ בקדמי ׀ ד֯ת ׀ הקנ]יתן

Übersetzung.

1. »ʿAbdm Aṣdaq und sein Sohn Banîw,
2. die Nachkommen des Ṣajad, Vasallen von Ghaimân, weihten
3. ihrem Patrone Waddm Šahrân, Herrn von Qabâb
4. diese Broncetafel und diesen Räucheraltar an Stelle des Räucheraltars,
5. der gestohlen wurde aus seinem Heiligthum vor dieser Widm[ung].«

Commentar.

Z. 1 עבדם wird als Stammesnamen Os. 29, 1 genannt.

אצדק = أَصْدَق. Elativ der Form צדק, die öfters als Beiname bei mehreren Königen vorkommt; אצדק dürfte »der Treffliche oder Wahrhafte« bedeuten.

ובנידו halte ich für einen Singular wie Os. 18, 1. Fr. 45, 1. OM. 12, 1. Das erste בנו ist nach meiner Ansicht der Name seines Sohnes. Man kann damit die hebr. n. propria בָּנִי und בֻּנִּי vergleichen.

Z. 2. צידם. Hamdânî kennt einen Stamm الصيد im Sarât Alhân in der Nähe von Hadûr (68, 20. 72, 8). Dieser Stamm ist selbstverständlich verschieden von dem unserigen, den wir in der Beled Hamdân suchen müssen. Die Ṣajad-Hamdân bespricht Hamdânî in der schon oben angeführten Stelle 82, 8 ff. 22. Instructiv ist Hamdânî's Bemerkung 106, 17: »In Ḥadûr wohnen die Ṣajad, welche sich für Abkömmlinge der Hamdân ausgeben. Man sagt aber, dass sie von Ḥimjar abstammen und von den Ṣajad-Hamdân zu trennen sind«.

Z. 3. Der Gott ודם ׀ שהרן findet sich nur noch auf einer Inschrift von Beráqiš H. 504, 1:

אהל֯ ׀ צ֯מרן ׀ אדם ׀ ודם ׀ שהרן ׀ שלא ׀ ע֯תתר ׀ ד֯קבץ֯ ׀ וודם ׀

»N. N. u. s. w., das Geschlecht Ḍamrân, die Diener des Waddm Šahrân, stiftete dem ʿAttar von Qabaḍ und Waddm u. s. w.« Der Umstand, dass dieser Gott in einer minäischen Inschrift erscheint, lässt es wenigstens als möglich erscheinen, dass anstatt קבב vielleicht קבץ֯ zu lesen sei. Es kann aber wohl auch ein n. l. קבב gegeben haben.

Z. 4. Zu מקטרן vergl. Burgen und Schlösser II S. 29 und Sab. Denkm. S. 66.

• בחר. Die Erklärung dieses Wortes, von dem die Bestimmung des Sinnes der Inschrift abhängt, hat mir grosse Schwierigkeiten gemacht. בחרם als »Meer« (= arab. بَحْر) war aus HALÉVY 478, 15 bekannt, aber damit ist hier nichts anzufangen. Ebenso wenig konnten מבחר bei DERENBOURG Nouv. Etud. 8, 5 und PRID 7, 2 zur Erklärung herangezogen werden. Ich vermuthe nun, dass בחר an unserer Stelle dem aethiopischen ብሔር: in der Bedeutung »Ort« entspricht.

סרק (= arab. سرق) ist schon von Jos. HALÉVY in scharfsinniger Weise in der Inschrift von Aden erkannt worden:

נשאכרב ו בן ו רבבם ו חללם ו ודבקם ו דיסרקס

[»Das Standbild] des Naša'karib, Sohn des Rabîb. Ein Geschlachteter und ein Erwürgter (soll jeder werden) der es davonträgt (stiehlt).«

Z. 5. בקדמי. Vergl. Hal. 147, בקדמי ו דת ו תנחיתן.

III.

»Altar aus Sirwâh, Kalkstein. Höhe 70cm. Viereckiger Pfeiler nach oben hin sich verjüngend (unten 20 : 20cm, oben 17 : 15cm); darauf ein Aufsatz mit senkrechten Wänden (21 : 18cm), innen 6cm vertieft, an den vier Ecken einen Zacken.

Am Aufsatz vorn erhaben das Zeichen ♀, in dem Hr. GLASER einen Stierkopf sehen wollte, während es mir eher die barbarisirte Gestalt des aegyptischen Lebenszeichens ☥ zu sein scheint.[1] Zu beiden Seiten je zwei vertiefte ornamentirte Felder.

Am Schafte vorn die Inschrift, mit vertieften 45mm hohen Buchstaben.«

סעדם ו ו	Sa'dm und
סעדשמסם ו	Sa'dšanesm
ורבאל ו ב	und Rabbîl, Soh-
נר ו בחרם	ne des Baḥarm

Commentar.

Z. 1. Zu סעדם. Vergl. Hal. 42, 1. OM. 5, 2. 7, 2. 35, 2.
Z. 2. סעדשמסם ist schon aus OM. 15, 2. 5 bekannt.
Z. 3. Zu רבאל. Vergl. OM. 4, 7 und 20, 1.
Z. 4. בחרם hat auch OM. 35.

[1] »Ebenso kommen ja auf dem Grabstein unten S. 856 die beiden Augen der aegyptischen Grabsteine vor.«

IV.

»Rechteckige Platte, Kalkstein, aus Hadaqân, 30^{cm} hoch, 17^{cm} breit, roh. Oben erhaben, zwei Ringe, die vermuthlich aus den Augen des folgenden Steines barbarisirt sind.«

Inschrift aus Stein mit einem Worte

עמבר = عَنْبَر

das entweder N. pr. wie arab. العَنْبَر oder = Ambra ist, von dem Hamdâni berichtet, dass es an der Küste vom Jemen gefunden wird.

V.

»Rechteckige Steinplatte, 39^{cm} hoch, 18^{cm} breit, sehr roh. Oben vertieft, zwei Augen [eye signs] in unverkennbarer Nachahmung aegyptischer Grabsteine.«

Grabinschrift oben zwei Augen mit der Legende

נבעת Nabat.

Vergl. OM. Nr. 39.

Geologische Skizze von Korea.

Von Dr. C. Gottsche
in Berlin.

(Vorgelegt von Hrn. Roth am 15. Juli [s. oben S. 609].)

Hierzu Taf. VIII.

Die langgestreckte Halbinsel Korea, welche die Gewässer des Gelben und des Japanischen Meeres beinahe gänzlich von einander scheidet, ist bis zum Jahre 1883, wo durch Handels- und Freundschaftsverträge auch Abendländern Einlass gewährt wurde, in geologischer Hinsicht eine völlige terra incognita geblieben. Die älteren chinesischen und japanischen Quellen, sowie die Schilderungen der französischen Missionare, auf welche sich bis dahin unsere Kenntniss des Landes stützte, enthalten keine einschlägigen Bemerkungen; und auch die kühnen Seefahrer Broughton (1797), Hall (1816), Belcher (1845), welche zuerst die Inseln des koreanischen Archipels kennen lehrten, fanden keine Gelegenheit, über den Bau und die Zusammensetzung des eigentlichen Festlandes von Korea Beobachtungen anzustellen.

In den letzten Jahrzehnten ist nun durch von Richthofen Nord-China, einschliesslich der Mandschurei, durch die russischen Akademiker F. Schmidt und von Schrenck das Amurgebiet, ferner durch Naumann und andere Gelehrte das benachbarte Japan geologisch soweit erforscht worden, dass nur Korea fehlte, um das geologische Bild von Nordost-Asien zu einem vorläufigen Abschluss zu bringen. Diese Lücke wenigstens theilweise auszufüllen, fand ich in den Jahren 1883 und 1884 Gelegenheit. Auf Veranlassung des Hrn. P. G. von Möllendorff, damals Vicepräsidenten des Auswärtigen Amtes, gestattete mir die hohe koreanische Regierung noch vor der Ratification des deutschen Vertrages das Land ungehindert zu bereisen. Mein Aufenthalt in Korea währte etwa acht Monate; über die Hälfte dieser Zeit (138 Tage) nahmen zwei Reisen von zusammen 6380 kor. li[1] = 2550^{km} Länge in Anspruch, welche mich durch alle acht Provinzen, über alle bedeutenderen Gebirgsketten, und an beide Küsten des Landes führten.

[1] 1 kor. li = 0.4^{km}; daher 278 kor. li = 1 Breitengrad.

Wenn trotzdem die wissenschaftlichen Ergebnisse in keinem rechten Verhältniss zu dem Zeitaufwande stehen, so dürfen vielleicht bei dieser ersten Recognoscirung das Fehlen von Vorarbeiten, die schlechten Verkehrsmittel des Landes, ja selbst die störende Neugier der Bevölkerung als Entschuldigungsgründe angeführt werden.

Der Gebirgsbau des Landes ist verwickelter, als es nach den bisherigen Karten den Anschein hat. Die Hauptgebirgskette verläuft bis zum 37° N. nahe und parallel der Ostküste, um sich dann im stumpfen Winkel gegen Südwesten zu wenden. An der Nordostgrenze von Phyöngando kommt noch eine mächtige Nebenkette hinzu, welche durch ihre Nord—Süd-Richtung den Amnokgang zu einem weiten Umwege veranlasst. Kleinere Ketten begrenzen ferner die Provinz Hwanghaido gegen Süden und Norden; sie stehen fast rechtwinklig zur Axe des Landes. Ihrer Entstehung nach gehören diese Gebirgsketten mindestens zwei Faltensystemen an; ja selbst die eben als Hauptkette bezeichnete Erhebung ist keineswegs ein einheitliches Ganze, da ihr mittlerer Stamm (zwischen 37 und 40° N.) Nordnordwest—Südsüdost, die nördlichen und südlichen Theile aber Nordost—Südwest verlaufen. Im Allgemeinen entspricht die Richtung der Gebirgskämme der Streichrichtung der am Aufbau betheiligten Gesteine, als Ausnahme wurde zwischen Ikujang und Thosan in Süd-Hwanghaido das Gegentheil beobachtet. Die Kammhöhe bleibt meist auf grosse Strecken die gleiche; wo höhere Gipfel ihre Umgebung überragen, verräth schon die äussere Form den abweichenden Gesteinscharakter der Eruptivkuppe.

An diese Gebirgsketten, die sich in dem von mir bereisten Theile des Landes nirgends über 1500^{m} erheben, schliesst sich mit Ausnahme der Provinz Kyöngsangdo ein ausgedehntes aber niedriges Gebirgsland, welches, durch eine Unzahl kleiner Wasserscheiden zertheilt, weder den Charakter eines Plateaus gewinnt, noch auch die Bildung von Ebenen gestattet. Die Wasserläufe der Ostküste sind naturgemäss kurz und unbedeutend; auch die Flüsse der Westküste besitzen fast sämmtlich einen nur kurzen Unterlauf und finden daher keine Zeit zu dem Absatz nennenswerther Alluvionen. Die thonigen Sinkstoffe werden in das Meer hinausgeschwemmt, dasselbe meilenweit trübend; nur Sand und grobes Geröll bleibt zurück. Die kleinen Alluvialgebiete an der Mündung des Tatung und Hangang sind daher die reinen Wüsteneien. Eine Ausnahme bildet der Naktonggang in Kyöngsangdo, der sich im weiten Bogen durch ein flaches, aus lockeren Sedimenten bestehendes Hügelland hinzieht. Von Naktong bis zur Mündung, auf eine Erstreckung von 200^{km}, beträgt sein Gefälle nur 50^{m}; und so hat dieser Strom ein fruchtbares, schön angebautes Delta aufzuweisen, welches bei Kimhai immerhin 20^{km} Breite erreicht.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, dass die Süd- und Südwestküste Korea's von zahlreichen, meist winzigen Inseln umsäumt wird. Sie stellen die Erhebungen[1] eines versunkenen Küstenstriches dar. Diese Erklärung wird durch das Fehlen alter Strandlinien bestätigt. — Auch die japanische Doppelinsel Tsushima, auf welcher ich vom 28. Juli bis 14. August 1883 verweilte, ist gelegentlich in den Bereich der Untersuchung hineingezogen, weil sie die natürliche Brücke war, mittelst welcher Japan noch zur Tertiärzeit mit dem Festlande in Zusammenhang stand. Sie besteht aus einer einzigen im Mitake zu 450^{m} ansteigenden Kette, welche in ihrem Bau an die Gebirgszüge Korea's erinnert.

In der nun folgenden Schilderung des geologischen Baues ist natürlich der Combination ein gewisser Spielraum gelassen. Der Umfang des thatsächlich Beobachteten geht aber aus den weiter unten mitgetheilten specielleren Angaben, sowie aus der beigegebenen Karte[2] hervor, in welcher mein Reiseweg kenntlich gemacht ist. Die petrographische Untersuchung der gesammelten Gesteine wurde im Verein mit Hrn. Prof. J. ROTH ausgeführt, welcher selbst über seine Ergebnisse berichten wird.

An der Zusammensetzung des Landes betheiligen sich in erster Linie die krystallinischen Schiefer. Sie bauen sämmtliche Gebirgsketten auf, treten aber auch in den niedrigeren Theilen Korea's auf eine Erstreckung von mindestens sieben Breitegraden fast überall zu Tage, nur hier und da von Eruptivkuppen durchbrochen, aber — mit Ausnahme von Kyöngsangdo — kaum irgendwo von jüngeren Sedimenten verhüllt. Im Süden des Landes erheben sich die krystallinischen Schiefer am Chönaktyé bei Chönju bis zu 400^{m}, bei Mungyöng bis 550^{m}; in den nördlichen Provinzen dahingegen im Pass von Ugokchin auf 740^{m}, zwischen Wiwön und Kanggé auf 790^{m}, bei Omangjöm unweit Changjin auf 1100^{m} und bei Hwanghwaryöng bis 1210^{m}. Bei der weitgehenden Verwitterung war eine genauere Gliederung der krystallinischen Schiefer nicht allerorts durchzuführen; doch finden

[1] Z. B. Chölyöngdo (Deer Island) 35° 4′ N. 129° 2′ O.: 350^{m}; Söchhodo (Mackau Island) 34°40′ N. 125°28′ O.: 445^{m}; Heuksando (Ross Island) 34° 6′ N. 125° 7′ O.: 590^{m}. — Für den koreanischen Archipel wurden benutzt: B. HALL, voyage of discovery to the West-coast of Corea. London 1818. Appendix p. CXXIV, China Sea Directory vol. III und IV. London 1873—1874 und eine Notiz von GUPPY in Nature XXIII, 417. 1881.

[2] Die topographische Unterlage ist mit geringfügigen Abweichungen der Taf. X in PETERMANN's Geograph. Mitth. 1883 entlehnt; in der Schreibweise der Namen bin ich den Vorschlägen von SATOW, ASTON und CHAMBERLAIN gefolgt — nur wurden die schwerfälligen Bindestriche weggelassen.

sich treffliche Aufschlüsse zwischen Eumjuk und Kwisan in Chhungchhöngdo; in den Pässen nördlich von Mungyöng, Kyöngsangdo; zwischen Chönju und Keumsan in Chöllado, sowie in den wilden Thälern zwischen Kanggé und Hwanghwaryöng in Hamgyöngdo, aus denen mit Sicherheit für Korea dieselbe Altersfolge hervorgeht, welche in anderen Ländern festgestellt ist, und derzufolge zu unterst Gneisse, darüber Glimmerschiefer, zu oberst Phyllite lagern. Die beiden erstgenannten Gesteine vertreten einander stellenweise; vor Allem sind den Glimmerschiefern bisweilen dichte Gesteine eingelagert, die wegen ihres Feldspathgehaltes nur als Gneisse bezeichnet werden können. Dieses nahen Zusammenhanges halber kann man — im Gegensatz zu einer oberen Schiefergruppe, welche wesentlich aus Chloritschiefer, Chiastolithschiefer und Phyllit besteht — von einer Gneiss-Glimmerschiefergruppe sprechen.

In den oben genannten Profilen erscheinen die krystallinischen Schiefer stark gefaltet, mit von 15° bis 40° variirenden Fallwinkeln; nur. wo örtliche Störungen stattgefunden haben, wie bei Omangjöm in Nord-Hamgyöngdo ist das Einfallen steiler. Dahingegen ergab sich, dass, während die Gneiss-Glimmerschiefergruppe überall Südwest — Nordost streicht mit Einfallen nach Südost und Nordwest (so bei Kwisan in Chhungchhöngdo; zwischen Sangju und Naktong in Kyöngsangdo; in den Pässen östlich von Chönju, Chöllado; zwischen Kwachhön und Söul in Kyöngkwido; bei Changjin und Hwanghwaryöng in Hamgyöngdo; bei Pungdung in Kangwöndo) die oberen Schiefer ebenso regelmässig ein Nordnordwest — Südsüdost bis Nordwest — Südost-Streichen besitzen, mit Fallen nach Ostnordost bez. Nordost. Diese letztere Streichrichtung wurde z. B. beobachtet an den Chiastolithschiefern zwischen Mungyöng und Hamchhang; an den Graphitschiefern nördlich von Keumsan an der Nordgrenze von Chöllado; an den Dachschiefer ähnlichen Phylliten zwischen Paikchi und Ikujang in Hwanghaido; an den Talk- und Quarz-Schiefern vom Tolkusan bei Singé, sowie an den Chloritschiefern von Solbandäggi, südlich von Kojang, Nord-Phyöngando. — Als Ausnahme muss indessen berichtet werden, dass 30 li nördlich von Suan, Nord-Hwanghaido typische Gneisse die Streichrichtung der Phyllitgruppe, umgekehrt bei Komoda und Shienemura auf Süd-Tsushima echte Phyllite das Streichen der Gneiss-Glimmerschiefergruppe aufweisen. In beiden Fällen lässt sich diese Abweichung aber auf örtliche Störungen zurückführen. Auch von Richthofen hat (China II, 221 und 706) innerhalb der krystallinischen Schiefer von Shantung u. s. w. verschiedene Streichrichtungen beobachtet. In Korea kommt von der bedeutenden Mächtigkeit der krystallinischen Schiefer nur ein kleiner Bruchtheil auf die obere Abtheilung. —

Hart an der chinesischen Grenze, zwischen Kojang, Wiwön und Chhosan in Phyöngando werden die krystallinischen Schiefer discordant durch ein 500^{m} mächtiges System von Sandsteinen, Mergelschiefern und Kalksteinen überlagert, welches sich durch seine Einschlüsse als cambrisch verräth. Dem Alter, sowie dem Gesteinscharakter nach, entspricht dies System dem oberen Theil der von VON RICHTHOFEN als sinisch bezeichneten Schichtenfolge; doch ist sein Streichen von dem bei Saimaki und Hsiausörr in Liautung beobachteten verschieden. Ausser dieser grösseren Mulde, die etwa 50^{km} Durchmesser in Nord—Süd-Richtung besitzt, finden sich noch kleinere Becken desselben Alters z. B. Singé, auf welche ich später zurückkomme.

Gleichfalls für palaeozoisch, aber für bedeutend jünger halte ich eine mächtige, wesentlich aus bunten Mergeln und festen Conglomeratbänken bestehende Schichtenfolge, welche in Kyöngsangdo das Naktong-Becken erfüllt und von Naktong bis Andong und Yöngchhön, von Päang bis Önyang, sowie an der ganzen Südküste denselben Charakter und dasselbe Nordwest—Südost-Streichen bewahrt. Wahrscheinlich bildet dies System die Oberfläche der ganzen Provinz mit Ausnahme der weiteren Umgebung von Kyöngju und Fusan, welche aus älteren Eruptivgesteinen besteht. Vermuthlich gehören einige kleine Sedimentärbecken in Chöllado der gleichen Periode an.

Sieht man von den jüngsten Bildungen ab, so schliesst die Reihe der Sedimente nach oben mit Kohle führenden Schichten, welche am Tatung und Chöngchhöngang in Phyöngando und in der Nähe von Hamheung und Tanchhön in Hamgyöngdo entwickelt sind. Die Kohle führenden Schichten der Ostküste besitzen grosse Verwandtschaft mit den Tertiärschichten des südlichen Amurgebietes; von den entsprechenden Ablagerungen an der Westküste steht nur fest, dass sie nicht palaeozoisch sind.

Die älteren Eruptivgesteine treten ausser in einzelnen das Schiefergebirge durchbrechenden Kuppen und Gängen hauptsächlich in vier grösseren, räumlich weit getrennten Gebieten auf.

1. Nördlich und östlich von Söul (Granit), 2. in dem südöstlichen Theil der Provinz Kyöngsangdo (Granit, Diabas, Felsitporphyr), 3. in der Südwestecke von Chöllado (Granit, Felsitporphyr), 4. in der Umgegend von Wiwön am Amnokgang (Diabas).

Granit ist das häufigste der älteren Eruptivgesteine; Felsitporphyr und Diabas halten sich ungefähr die Waage; Gabbro, Diorit, Hornblendeporphyrit und Granitporphyr sind dahingegen nur ausnahmsweise beobachtet. Die Felsitporphyre sind in den südlichen Theilen von Kyöngsangdo und Chöllado überall, die Diabase nur bei Wiwön von Tuffen begleitet.

Jüngere Eruptivgesteine sind, wie in Liautung, lediglich durch Basalt, beziehungsweise Dolerit vertreten und bilden in den mittleren Provinzen des Landes grosse zusammenhängende Decken, in welche die Flussthäler tief eingeschnitten sind. Auch auf Quelpart scheinen nach einer Bemerkung von Belcher (Samarang Narrative I, 351) jüngere Eruptivgesteine entwickelt zu sein; dahingegen fehlen thätige Vulcane auf dem Festlande[1] bestimmt; ebenso sind Erdbeben in Korea seit Menschengedenken nicht verspürt. Höchstens wären hier die heissen Quellen zu erwähnen, welche bei Kimsan unweit Tongnai (76° C, entspringt im Granit), bei Tamni, nördlich von Unsan in Phyöngando (45° C), sowie bei Masan und Chongtari in den Districten von Phyöngsan, Sinchhön und Munwa in Hwanghaido zu Heilzwecken benutzt werden.

1. Krystallinische Schiefer.

a. Gneiss-Glimmerschiefer-Gruppe.

Der typische Gneiss ist in Korea ein dunkler Biotitgneiss; Muscovitgneisse fehlen ganz; zweiglimmeriger Gneiss mit vorwaltendem Muscovit wurde nur einmal, bei Hatanggyöm, südlich von Keumsan in Nord-Chöllado gesammelt. Die Structur der Gneisse ist meist schiefrig, selten ausgesprochen flaserig (Kwachhön bei Söul), noch seltener granitartig. Solcher »Granitgneiss« wurde 15 li südlich von Chöngeup, Chöllado; bei Songchang, 40 li östlich von Wiwön, und 10 li südlich von Hoiyang, Kangwöndo, ohne Grenze in schieferige Gneisse übergehend, beobachtet. Augengneiss fand sich zwischen Konyang und Hatong in Süd-Kyöngsangdo und bei Euntä zwischen Kongju und Chhönan in Chhungchhöngdo.

An accessorischen Gemengtheilen nenne ich:

Hornblende (Hakejang, nördlich von Hatong; Pass, 20 li südwestlich von Okkwa, Chöllado; Gegend nördlich von Kaisöng = Songdo, Kyöngkwido; Yongjiön in Süd-Hamgyöngdo).

Granat (besonders Gegend von Ugokchin und Kanggé in Phyöngando, und Changjin in Nord-Hamgyöngdo, wo alle Bäche deshalb rothen Sand führen).

[1] Der 2000m hohe Mount Auckland auf Quelpart, welcher von Norden gesehen eine sanfte Kegelform zeigt, hat nach chinesischen Quellen im Jahre 1007 eine heftige Eruption gehabt. Vergl. Klaproht, Aperçu général des trois royaumes 1832, p. 56.

Graphit (Takol, 50 li nördlich von Ugokchin; Songchang, 40 li östlich von Wiwön; Heukdoryöng, 16 li nördlich von Yöngheung, Süd-Hamgyöngdo).

Magneteisen (Yuchi, 15 li nordöstlich von Thaiin, Chöllado; Nosöng, 50 li südwestlich von Kongju, Chhungchhöngdo).

Turmalin (Changjin, Nord-Hamgyöngdo).

Dichroit (in Granatgneiss, Songchang, 40 li östlich von Wiwön).

Zirkon (Anhyöp, zwischen Thosan und Ichhön, Kangwöndo).

Skapolith (Namsan bei Anbyön, Süd-Hamgyöngdo).

Im Gneiss treten, wie in Liautung (China II, 106) so auch hier, häufig turmalinreiche Pegmatite auf, z. B. bei Kwangju, Kyöngkwido; bei Hatong, Kyöngsangdo, und bei Omangjöm, westlich von Changjin, Hamgyöngdo.

Den Gneiss begleiten:

1. Glimmerschiefer, meist Muscovit führend; beobachtet zwischen Kwisan und Mungyöng; in der Umgegend von Okkwa; 30 li nordöstlich von Mokpho; östlich von Hainam auf dem Wege zum Kloster Taiheungsa; in den Pässen östlich von Chöngju; bei Chinsan an der Nordgrenze von Chöllado; südlich von Paikchi an der Nordgrenze von Kyöngkwido; 40 li nordöstlich von Phyöngyang u. s. w. — Eisenglimmerschiefer traf ich bei Ischilkol, 10 li von Pungdung, Kangwöndo.
2. In engster Verbindung stehen mit den Glimmerschiefern dichte Gneisse, welche sich durch von Glimmer umrandete Ausscheidungen von höchst unregelmässiger Form auszeichnen — Umgegend von Kwisan, Chhungchhöngdo; Mungyöng, Kyöngsangdo und Pungdung, Kangwöndo.
3. Hornblendeschiefer; beobachtet zwischen Koksöng und Okkwa; bei Sökchewön, 30 li südlich von Yöngam; zwischen Keumsan und Chinsan — sämmtlich in Chöllado; ferner bei Charyöng, 30 li nördlich von Ugokchin, Phyöngando.
4. Chloritschiefer; die Vorkommen von Anbyön, Hamgyöngdo; Sunchhön am Pukgang, nördlich von Chasan und Höllong bei Kaichhön, Phyöngando, ruhen direct auf Gneiss und sind daher hier erwähnt.
5. Talkschiefer; beobachtet zwischen Hamchhang und Sangju in Kyöngsangdo, sowie bei Okkwa und Yongdam in Chöllado.
6. Kalk und Dolomit. In den meisten Fällen deutlich krystallinisch, bleiben die Kalke in anderen splitterig oder dicht (z. B. zwischen Suan und Samdeung in Nord-Hwanghaido), so dass eine Verwechselung mit sedimentaeren Kalken möglich ist. Als Vorkommen für körnigen Kalk nenne ich:

Kokol bei Kwangju (Kyöngkwido) — mit Glimmer und Hornblende,

Sarütyé bei Changsöng (Chöllado) — mit Granat und Vesuvian,

die Gegend von Hamchhang, Nord-Kyöngsangdo,

Thosan an der Grenze von Hwanghaido und Kangwöndo,

Chasan und Söngchhön in Süd-Phyöngando,

Pongdä, 40 li südlich von Hamheung in Hamgyöngdo.

Dolomit wurde als etwa 100^{m} mächtige Einlagerung in den dichten Gneissen von Pungdung und Kimhwa beobachtet, wo derselbe durch seine Erzführung (silberhaltiger Bleiglanz, Blende und Kupferkies) Anlass zu Schürfversuchen gegeben hatte.

7. Eklogit wurde 10 li nördlich von Yöngpyön in einem Zufluss des Chhöngchhöngang als Gerölle aufgelesen.
8. Fast alle Erzlagerstätten, von denen mir Kunde geworden ist, so

   Ugokchin (goldführende Quarzgänge),

   Omangjöm und Tokudä bei Changjin (silberhaltiger Bleiglanz),

   Tschilmok Tongjöm bei Huchan, nördlich von Kanggé, und Kojindong bei Kapsan (Kupfererze),

   Höllong bei Kaichhön, Sulpi bei Hoiyang, Ischilkol bei Pungdung (Eisenerze),

   liegen in den Gesteinen der Gneiss-Glimmerschiefer-Gruppe eingebettet, auf welche auch die reichen Goldseifen von Chungheung bei Kaichhön; von Kalmoru, 170 li südlich von Changjin; von Tankogä, 50 li nordwestlich von Keumsöng in Kangwöndo, zurückzuführen sind.

b. Obere (Phyllit-) Gruppe.

Unter den Gesteinen der oberen Abtheilung ist nochmals Chloritschiefer zu nennen, und zwar: 1. der von Solbandäggi, 40 li südlich von Kojang, Phyöngando, weil er Nordwest—Südost streicht; 2. der von Moktari zwischen Anhyöp und Ichhön, Kangwöndo, welcher mit Phylliten wechsellagert.

Phyllite, meist sehr dünnschiefrig und ebenflächig, fanden sich bei Ipsök, 20 li östlich von Kaichhön, Phyöngando; bei Chöngpyöngsa, 65 li nördlich von Yöngheung, Hamgyöngdo; bei Kumchön, 50 li östlich von Keumsöng, Kangwöndo; zwischen Paikchi und Ikujang in Süd-Hwanghaido und bei dem ebengenannten Orte Moktari.

Chiastolithschiefer wurden beobachtet 10 li südlich von Mungyöng (discordant auf Gneiss); 20 li südlich von Hoiyang, Kangwöndo; 40 li nördlich von Phochhön, Kyöngkwido; ausserdem an vielen Orten als Gerölle, so bei Taiheungsa unweit Hainam, Südwest-Chöllado; bei Pukchan, nordöstlich von Chasan, Phyöngando u. s. w.

Quarz- und Graphitschiefer werden hierher gerechnet, weil sie 25 li nördlich von Chinsan, an der Grenze von Chöllado und Chhungchhöngdo, wo sie im innigen Verbande auftreten, Nordwest—Südost streichen, und weil sich am Tolkusan, südöstlich von Singé, Hwanghaido, im Verein mit Talkschiefern dieselbe Erscheinung wiederholt.

Von Erzlagerstätten wurden in dieser Gruppe nur am Tolkusan mehrere bis 2.7^m mächtige Gänge von Brauneisenstein beobachtet.

2. Cambrium.

Südlich von Wiwön, Nord-Phyöngando, lässt sich ein stark gefaltetes System von cambrischen Sandsteinen, Mergelschiefern und Kalksteinen, nur stellenweise von Diabasen durchbrochen oder von Diabastuffen bedeckt, von 10 li südlich von Kojang bis 10 li östlich von Wiwön, also auf eine Erstreckung von 130 li = 52^{km} verfolgen. Ausgezeichnete Profile fanden sich bei Kojang (410^m), an dem 20 li nördlicher gelegenen Passe von Paikchan (780^m) und in den Wildwasserbetten bei Yuchan, 40 li nördlich von Kojang. Einzelne Schichten enthielten reichlich Versteinerungen; aber der frisch gefallene Schnee — es war in der zweiten Hälfte des October — beeinträchtigte die Ausbeute sehr. Das Streichen der cambrischen Schichten ist Nordost—Südwest; das Fallen Nordwest bez. Südost mit 15—70°. Mit Zuhülfenahme der Aufschlüsse bei Wiwön und Namchan, 40 li südlich von Wiwön bez. 30 li nördlich von Yuchan, ergiebt sich folgende Gliederung von unten nach oben:

1. kieseliger Sandstein, feinkörnig, grobgebankt ..... 120^m
2. untere Mergelschiefer, mit Wellenfurchen und Trockenrissen auf den Schichtflächen; enthalten bei Wiwön im unteren Theil eine 0.3^m mächtige Pteropodenbank, sonst ohne Versteinerungen .... 30^m
3. obere Mergelschiefer mit faustgrossen dunklen Kalklinsen und einzelnen dünnen Zwischenschichten von dichtem röthlichen Kalkstein; die Mergel enthalten besonders zwei Arten von Lingulella; der Kalk ist ganz mit Glabellen und Pygidien von Trilobiten erfüllt; die »Linsen« gleichen dem bekannten Vorkommen von Andrarum zum Verwechseln......., 20^m

4. untere Kalke, bituminös, voll Trilobiten; durch dünnplattige Schiefer mit Dorypyge getrennt von den 10^m
5. oberen Kalken, ohne Versteinerungen; im Allgemeinen massig; doch sind einzelne Bänke oolitisch (von Richthofen's »globulitische «Kalke), andere erscheinen durch cylindrische Einschlüsse anorganischer Natur wie gefleckt (von Richthofen's »Wurmkalke«); auch sind mehrfach dünne Lagen von Mergelschiefer eingeschaltet . . . . 350^m

530^m.

Die Abtheilungen 3. und 4. waren namentlich bei Kojang und Yuchan sehr reich an Versteinerungen. Meine Ausbeute, die an anderer Stelle beschrieben werden soll, besteht aus einem Pteropoden (*Theca*), drei Brachiopoden (*Orthis*, *Lingulella* 2 sp.) und zehn Trilobiten, die sich auf die Gattungen *Agnostus*, *Dorypyge*, ? *Remopleurides*, *Conocephalites*, *Crepicephalus* und *Anomocare* vertheilen. Vier Arten sind bestimmt mit cambrischen durch Dames und Kayser von Saimaki und Wulopu in Liautung beschriebenen Formen identisch, nämlich:

Lingulella cf. Nathorsti Linn. (China IV, 35, tab. III f. 3).
Anomocare planum Dames (ebend. 16, tab. II f. 8).
» *majus* Dames (ebend. 17, tab. I f. 19).
Dorypyge Richthofeni Dames (ebend. 24, tab I f. 1--6).

Das Alter von 3. und 4. entspricht daher ungefähr dem scandinavischen »Andrarumskalk« oder der untersten Abtheilung des Potsdam-Sandstone. Sollte sich die Vermuthung von Dames (China IV, 33) bestätigen, dass Dorypyge die obere Grenze des Cambriums bezeichnet, so wären die oolitischen (»globulitischen«) und »Wurmkalke« — mit einem Worte die obersinischen »Lungmönn«-Kalke von Richthofen's vielleicht besser in das Untersilur zu versetzen.

Nach mündlicher Mittheilung des englischen Viceconsuls Hrn. Carles, den ich am 19. October 1884 in Wiwön traf, besteht das Ufer des Amnokgang südlich von Chhosan meilenweit aus geschichteten Kalken; die cambrische Mulde von Wiwön dürfte sich daher soweit westlich erstrecken.

Bei Singé in Hwanghaido ist in dem nach Süden verlaufenden Thale, sowie besonders an dem Wege nach Suan eine Schichtenfolge von dichten dunklen Kalken, feinkörnigem Sandstein, Mergelschiefern und dünnen Conglomeratbänken discordant über den krystallinischen Schiefern zu beobachten. Ihre Mächtigkeit schätze ich auf etwa 200^m. Das Streichen ist Nordost—Südwest, mit steilem Einfall nach Nordwest. In den Kalksteinen, welche nach Art der Karrenfelder aus-

gewaschen sind, waren keine Versteinerungen zu entdecken. Es bleibt daher zweifelhaft, ob die Kalke von Singé mit dem Cambrium zu vereinigen sind, wie es auf der Karte geschehen ist.

Dasselbe gilt von scheinbar geschichteten Kalkmassen, welche zwischen Suan und Samdeung; zwischen Samdeung und Phyöngyang; in der Umgegend von Kaichhön; sowie zwischen Chöngju und Kasan, westlich von Anju an der Küste von Phyöngando, theils von mir, theils von Hrn. CARLES angetroffen wurden. Sie sind deshalb in der Kartenskizze nicht berücksichtigt, obwohl ich an Ort und Stelle von ihnen den Eindruck sedimentärer Kalke gewonnen hatte.

Endlich traf ich 4 li nordwestlich von Phaju, Kyöngkwido, unconform auf Gneiss, lediglich aus Gneissgeröllen bestehende, durch Gneiss-Detritus verkittete, grobgebankte Conglomerate, welche am Wege Klippen von 120—150^m Höhe bildeten. VON RICHTHOFEN (China II, 72) rechnet ein ähnliches Conglomerat von Hsiungyotshöng in Liautung zu der unteren Abtheilung seiner »sinischen« Formation.

3. ? Carbon.

Wie oben erwähnt, ist in Kyöngsangdo ein jüngeres Nordwest—Südost streichendes palaeozoisches System weit verbreitet. Die vollständigsten Profile in der Umgegend von Naktong zeigen discordant auf hornblendereichem, flach nach Südost fallendem Gneiss:

1.	dunklen Mergelschiefer, mit feinkörnigen lockeren Sandsteinen wechsellagernd	25^m
2.	fette Thone, zum Theil stark abfärbend, mit kleinen Kohleschmitzen und undeutlichen Pflanzenresten . . .	15^m
3.	Conglomerate, zu unterst mit einer Arkose beginnend, dann aber zahlreiche zum Theil sehr feste Bänke einschliessend, mindestens	450^m
4.	violette bis chocoladenbraune Mergel mit Kalkknollen und einzelnen festen Kalksteinbänken	70^m
5.	dickplattige Sandsteine, zu unterst conglomeratartig	40^m
		600^m.

Die Mächtigkeit dieser Formation ist wahrscheinlich mit 600^m noch unterschätzt, da die Conglomerate trotz flachen Einfallens (17 bis 20° Nordost) im Mengyöngsan, 20 li ostsüdöstlich von Naktong, 500^m, im Keumyöngsan, 30 li nördlich von Wiheung, sogar 800^m Seehöhe erreichen, während Naktong und Wiheung nur 50 bez. 120^m über dem Meere liegen. Die Conglomerate — in deren mehr lockeren Theilen Erdpfeiler zu den häufigen Erscheinungen gehören — und

ihr Hangendes, die bunten Mergel, setzen meilenweit mit grosser Einförmigkeit fort; das Liegende der Conglomerate ist dahingegen nur bei Chochang, 75 li westlich von Kosöng, und bei Chinan, 75 li nordöstlich von Chönju, Nord-Chöllado, mit Sicherheit wieder erkannt; in beiden Fällen waren die Pflanzenreste für eine Bestimmung zu schlecht erhalten.

Die Altersbestimmung als palaeozoisch stützt sich, da weder die mikroskopische Untersuchung der Kalkknollen, noch die eines Kieselholzes aus den Conglomeraten zu irgend welchen Ergebnissen führte, zunächst darauf, dass 1. die Sandsteine über den Mergeln (5.) bei Kosöng von Porphyrtuffen bedeckt und 2. die bunten Mergel selbst 40 li östlich von Kosöng von Diabasgängen durchsetzt werden.

Wenn aber dunkle Sandsteine und kohlige Schiefer, welche 20 li südlich von Mungyöng am Wege nach Hamchhang die Phyllitgruppe bedecken und bei Westnordwest — Ostsüdost-Streichen, mit 70° nach Ostnordost einfallen, dem Liegenden der Conglomerate von Naktong entsprechen, wird obige Bestimmung insofern bestätigt, als sich in dem kohligen Schiefer eine schlecht erhaltene *Neuropteris*[1], also ein palaeozoischer Farntypus, fand. Man könnte daher an Culm oder Rothliegendes denken, welche ja in der Regel mächtige Conglomerate einschliessen.

Bei Udong, nördlich von Changsöng, Chöllado wurde zwischen Gneiss und Porphyrtuffen beobachtet:

1. feinkörniger, glimmerreicher Sandstein 10ᵐ,
2. dunkle Mergelschiefer mit Gastropoden, Ostracoden und Pflanzenresten 3ᵐ,
3. mittelgrobe Conglomerate 20ᵐ.

Da die Streichrichtung mit derjenigen von Naktong, Wiheung, Ulsan und Kosöng übereinstimmt, ist Udong auf der Karte als zu diesem System gehörig bezeichnet.

Wahrscheinlich sind im Naktong-Becken noch jüngere Sedimente vorhanden. Bei Silyöng, 35 li westlich von Yöngchhön, und bei Chinhai, 20 li westlich von Masanpho, werden die Conglomerate und bunten Mergel discordant von wenig mächtigen, dunklen, stark zerklüfteten Schiefern und Sandsteinen überlagert, die Nordost — Südwest streichen und mit nur 8 bis 10° nach Südost einfallen.

[1] an flexuosa Brgnt.? (China IV, 211, 217, 237; tab. 31, 32, 43, 45.) Diese Art ist nach Schenk in der productiven Steinkohlenformation China's sehr verbreitet; der nächstgelegene Fundort ist Pönnhsihu in Liautung.

4. ? Tertiär.

Die Hügel, auf denen Phyöngyang steht, zeigen theils am Ufer des Tatung, theils an ihrem nördlichen Hange folgendes Profil von unten nach oben:

1.	feinkörniger Sandstein mit undeutlichen Pflanzenresten und bis 4 cm grossen Kohleschmitzen, durch eine 2 m starke Conglomeratbank getrennt von	70 m
2.	gelblichen, auch schwärzlichen Mergeln, ohne Versteinerungen	40 m
3.	feste graue Mergelschiefer, ohne Versteinerungen	25 m
4.	leicht zerreibliche Sandsteine mit einzelnen Geröllen	5 m
		130 m.

Das Streichen ist Nordnordwest — Südsüdost, das Einfallen 12 bis 20° nach Westsüdwest.

In 1. fanden sich sowohl im unteren Theil, als in der Conglomeratbank wohl erhaltene Kieselhölzer, welche Herr Dr. J. FELIX in Leipzig als neue Arten der Gattungen *Araucarioxylon* und *Cedroxylon* erkannt hat. Die erstere Gattung ist nach seiner Mittheilung vom Carbon bis in's Tertiär, die letztere vom Rhät bis in die Gegenwart nachgewiesen. Die Schichten von Phyöngyang, welche sich auch auf dem linken Ufer noch 15 li gegen Südost, im Ganzen auf etwa 40 li verfolgen lassen, sind also rhätisch oder jünger. Das Liegende derselben bilden theils krystallinische Schiefer, theils (zwischen Phyöngyang und Samdeung) Kalke von unbekanntem Alter.

Der obere Theil dieser Schichtenfolge kehrt nördlich von Kaichhön in den flachen Bodenwellen wieder, welche ich am Südufer des Chhöngchhöngang auf etwa 15 li aufgeschlossen fand. Nach Aussage der Einwohner von Chungheung, welche darin nach Kohle gesucht haben, setzen dieselben Schichten flussaufwärts, wie flussabwärts noch eine bedeutende Strecke fort.

Etwa 40 li nordnordwestlich von Hamheung finden sich bei Pungnamni (70 m) in zwei kleinen Wasserrissen östlich von dem niedrigen Passe, der nach Huchanki führt, kohleführenden Schichten unmittelbar auf Gneiss und Felsitporphyr.

Das Profil zeigt:

1.	lockeres Conglomerat mit einzelnen Geröllen von Kohle (? Treibholz)	2 m
2.	bräunliche Schieferthone mit 5 Kohleflözen von 21, 25, 14, 16 und 19 cm	16 m

Das Streichen ist Ostnordost — Westsüdwest, das Fallen Nordnordwest mit 35 bis 40°.

Die fünf Flöze vertheilen sich auf 5 bis 6^m Zwischenmittel. Die Kohle, eine tiefschwarze, glänzende, kaum abfärbende Pechkohle mit 31 Procent Asche hat alle Holzstructur verloren, besitzt ausgezeichnete Schichtung und enthält stellenweise etwas Retinit. Das Kohlevorkommen von Tanchhön, welches versuchsweise abgebaut worden sein soll, kenne ich nicht aus eigener Anschauung. Aus der Lage nahe der Ostküste, dem Charakter der Kohle und ihrer Ähnlichkeit mit derjenigen, welche bei Sidimi-harbour südlich von Wladiwostok in Tertiärthonen eingebettet ist, schliesse ich für das Vorkommen von Pungnamni auf ein tertiäres Alter. Wenn ich für Phyöngyang und Chungheung dasselbe thue, so ist dafür wiederum die Lage (? Reste eines tertiären Küstensaumes) bestimmend gewesen.

5. Recente Bildungen

sind auf der Karte nicht zur Darstellung gelangt, weil sie sehr wenig Areal einnehmen und sich auf Schotterterrassen und Kiesabsätze im Gebiet der Flüsse beschränken. Die Schotterterrassen erreichen in den kurzen Thälern östlich von Hwanghwaryöng bis 25^m, sonst in der Regel nur 4 bis 5^m Mächtigkeit.

Glacialgebilde fehlen in Korea — übrigens auch in Liautung (China II, 111) und in Japan unter gleicher Breite (trotz gegentheiliger Behauptung von Milne in Trans. As. Soc. Jap. IX, 33). Löss- und Torf-Ablagerungen wurden ebenfalls nicht beobachtet.

6. Ältere Eruptivgesteine.

Hinsichtlich der petrographischen Beschreibung wird auf die Mittheilung von Hrn. Prof. J. Roth verwiesen; hier ist nur die geographische Verbreitung der einzelnen Gesteine verzeichnet, da der kleine Maassstab der Karte nicht gestattete, dieselben auseinander zu halten.

Granit ist das älteste und verbreitetste Eruptivgestein des Landes. Unmittelbar bei Söul setzt er ein grosses Massiv zusammen, dem der Puksan (395^m) und Sankaksan (800^m) angehören; in der Gegend von Fusan und Tongnai bildet er die Grundlage, welche Diabas und Felsitporphyr durchbrochen haben; in der Südwestecke von Chöllado guckt er überall unter den Porphyrtuffen hervor; und im Norden erreicht er im Pass von Atagäyöngmi (1470^m) die ansehnlichste Erhebung, welche ich in Korea kennen gelernt habe, aber nicht jene Verbreitung, welche nach von Richthofen (China II, 107, 132) zu vermuthen stand. Dahingegen fand ich, dass der Granit in der Regel die höchsten dem Schiefergebirge aufgesetzten Kuppen bildet, und habe daher, wo die koreanischen Karten einen Berg mit dem Epitheton »weiss« belegen,

in der Skizze ältere Eruptivgesteine angegeben — beim Paiktosan (Tshangpaishan) übrigens im Einverständniss mit von Richthofen (China II, 132). Ob ältere und jüngere Granite in Korea auftreten, steht dahin; in den palaeozoischen Sedimenten wurden nirgends Granitdurchbrüche beobachtet, so dass die Mehrzahl der koreanischen Granite wahrscheinlich ein praecambrisches Alter besitzt.

Granitkuppen wurden angetroffen (von Gängen ist natürlich bei dieser Aufzählung abgesehen) auf der südlichen Reise bei:

Söul; zwischen Ichhön und Changeum, südlich von Kwangju; 30 li nordwestlich von Kwisan; Sangju; Kyöngju; in der Umgegend von Fusan bei Tongdosa, Yangsan, Tongnai, Kupho am Naktonggang, Söngpao und Kimhai; Masanpho; Naju; zwischen Mojin und Suyöng; Hainam; Taiheungsa; Chöngeup, südlich von Thaiin; zwischen Yongdam und Keumsan; nördlich von Chhönan; Suwön.

auf der nördlichen Reise bei:

Koyang; Changdan am Imjingang; Kaisöng = Songdo; an der Grenze von Kangwöndo und Hwanghaido zwischen Ichhön und Singé; Sunchhön nördlich von Chasan; Unsan, 60 li von Yöngpyön; Ugokchin; 30 li südlich von Kojang; Atagäyöngmi; südwestlich von Changjin; nordöstlich von Hwanghwaryöng; 30 li südlich von Kimhwa; von Phochhön bis Söul.

Granitporphyr bildet zwischen Paikchi und Ikujang in Süd-Hwanghaido einen 120^m breiten Gang in der Phyllitgruppe. Gerölle desselben Gesteins und von gleichem Habitus wurden in Nord-Phyöngando zwischen Yöngpyön und Unsan in einem Zufluss des Chhöngchhöngang, sowie bei Charyöng, 30 li nördlich von Ugokchin gesammelt.

Felsitporphyr ist namentlich bei Kyöngju und Fusan in Süd-Kyöngsangdo, sowie in der weiteren Umgebung von Mokpho in Südwest-Chöllado mächtig entwickelt, und bildet in diesen Gebieten gerne schroffe Gipfel auf den sanften Granitkuppen, so am Wölchhülsan (470^m) bei Yöngam. Geschichtete Tuffe, die Grenze des alten Festlandes andeutend, begleiten ihn in den südlichen Theilen von Kyöngsangdo und Chöllado, und erreichen in den Pässen zwischen Muan und Mokpho eine Höhe von 210^m über dem Meer. Am Ongmayesan (190^m) bei Suyöng sind den Tuffen kieselige Bänke von weisser, röthlicher und violetter Farbe eingelagert, welche zu Drechslerarbeiten Verwendung finden. Felsitporphyr wurde beobachtet bei:

Puphyöng, 40 li östlich von Chemulpho, in krystallinischen Schiefern; Ichhön, Kyöngkwido (als Gerölle); Kwisan, Chhungchhöngdo in Gneiss; zwischen Acha und Kyöngju; Yangsan, Tongnai

und Fusan in Granit; auf Deer Island (350m) bei Fusan; Kuré, Südost-Chöllado; Kwangju in krystallinischen Schiefern; Mokpho, Suyöng, Hainam, Yöngam in Südwest-Chöllado; Ichhön, Kangwöndo (lose); 70 li nördlich von Ugokchin (lose); 15 li südlich von Kojang (lose); Kueup bei Wiwön, als Gerölle des Amnokgang; Changjin (lose); 10 li südlich von Hwanghwaryöng, Gänge im Gneiss; Pungnammi, 40 li nordnordwestlich von Hamheung, Kuppen im Gneiss.

Diorit von sehr verschiedenem Charakter fand sich gangförmig zwischen Kwisan und Yöngphyöng, Chhungchhöngdo, in dichten Gneissen; zwischen Acha und Kyöngju in Felsitporphyr und Porphyrtuffen; bei Chhangwön, östlich von Masanpho, in Süd-Kyöngsangdo; 100 li nördlich von Ugokchin, zwischen Sonchang und Kwandunjöng, in Granatgneiss; bei Kueup am Amnokgang im Cambrium; endlich — dem Vorkommen von Acha entsprechend — als Gerölle bei Changjin, Nord-Hamgyöngdo.

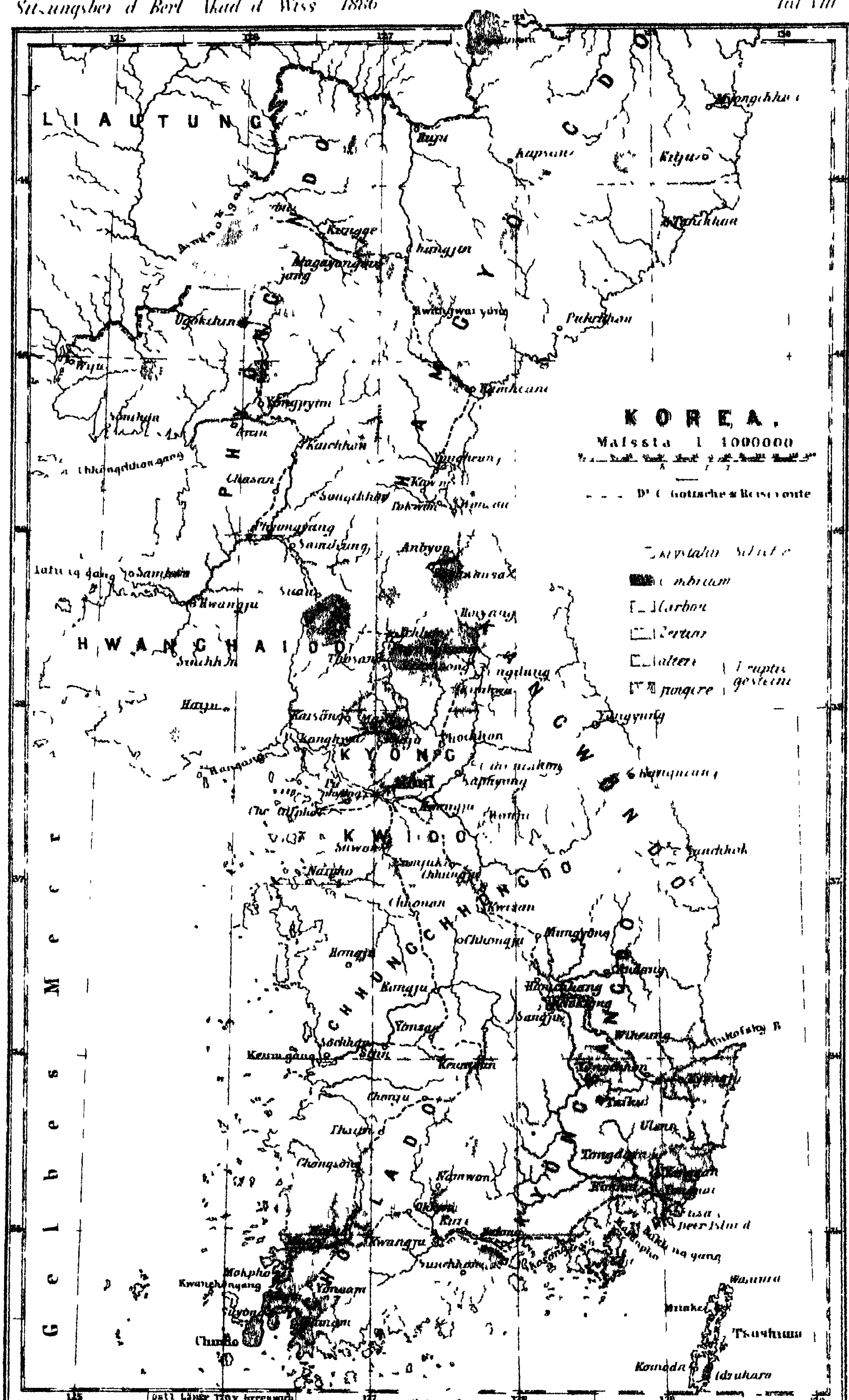
Hornblendeporphyrit wurde bei Kueup, unweit Wiwön, als Gerölle des Amnokgang aufgelesen.

Gabbro tritt gangförmig auf: zwischen Söul und Yanghwado im Gneiss; 20 li nördlich von Koyang, Kyöngkwido im Gneiss; zwischen Acha und Kyöngju in Felsitporphyr; bei Tongnai im Granit; 20 li südlich von Chhönan, Nord-Chhungchhöngdo in krystallinischen Schiefern; 20 li nördlich von Unsan, Phyöngando im Granit; 15 li südlich von Changjin im Gneiss; bei Pungdung, Kangwöndo in dichtem Gneiss.

Diabas wurde in Süd-Kyöngsangdo häufig im Contact mit Granit und palaeozoischen Gesteinen beobachtet, so bei Ulsan, zwischen Tongdosa und Yangsan, bei Mahasa unweit Tongnai, bei Fusan, Kimhai und Kosöng; ausserhalb dieses Gebietes: bei Naju, Süd-Chöllado im Granit; 45 li nordwestlich von Kwisan in krystallinischen Schiefern; 7 li nordwestlich von Pungdung, desgl.; bei Pukchan zwischen Chasan und Kaichhön in Phyöngando (lose); bei Charyöng, 30 li nördlich von Ugokchin (lose); zwischen Yuchan, Wiwön und Chhosan im Cambrium, hier von Tuffen begleitet; endlich am Mitake, sowie zwischen Oshika und Shitaka auf Nord-Tsushima in krystallinischen Schiefern.

7. Jüngere Eruptivgesteine.

Basalt tritt in Central-Korea an vielen Punkten deckenförmig auf. Die Fundorte beschränken sich auf das Gebiet zwischen Anbyön


KOREA.
Maſsstab 1 : 1000000
Dr. C. Gottsche's Reiseroute
LIAUTUNG
HWANGHAI DO
KYONGKWIDO
CHHUNGCHHONGDO
KANGWONDO
Gelbes Meer
Port Hamilton
Östl. Länge v. Greenwich

(Süd-Hamgyöngdo), Hoiyang, Ichhön (Nord-Kangwöndo[1]), Singé (West-Hwanghaido), Imjin, Chöksöng bei Phaju, Majön und Phungjön (Kyöngkwido). Eine Einwirkung auf die darunter liegenden Gesteine (bei Singé: Cambrium; sonst krystallinische Schiefer) war nirgends zu beobachten. Basalt fand sich ausserdem unter den Geröllen des Amnokgang bei Kueup, unweit Wiwön, sowie als Baustein verwandt in Mokpho, Süd-Chöllado. Wahrscheinlich steht daher Basalt auf einer der zahlreichen Inseln vor der Kwanchöngang-Mündung an, womit die oben angeführte Notiz BELCHER's übereinstimmen würde.

[1] Einige andere Fundorte aus Kangwöndo führt CARLES an in Report of a journey to the Phyöngkang Gold-Washings (engl. Blaubücher C. 4522: Corea 1885 Nr. 3 p. 2).

Beiträge zur Petrographie von Korea.

Von J. Roth.

(Vorgetragen am 15. Juli [s. oben S. 609].)

Krystallinische Schiefer. Unter den Gneissen, welche bei weitem überwiegend Biotitgneisse sind, treten die dichten, den sächsischen Vorkommen vollständig entsprechenden hervor.

Ein feldspathreicher Biotitgneiss, zwischen Suwön und Kwachhön, südlich von Söul, enthält Pseudomorphosen von Chlorit nach rothem Granat, in welchen nur noch Spuren von Granat vorhanden sind. Ein graugrünlicher, ziemlich feinkörniger, wenig schiefriger, hornblendehaltiger Biotitgneiss zeigt u. d. M. den Plagioklas zonal aufgebaut. Orthoklas, wenn überhaupt vorhanden, und Quarz sind spärlich. Der unregelmässig begrenzte Blättchen bildende Biotit und die Hornblende sind fast ganz in Chlorit umgewandelt. U. d. M. erkennt man noch Magneteisen und Apatit.

Ein wenig schiefriger, dichter, dunkelgrauer Gneiss von Mungyöng, Kyöngsangdo, lässt nur kleinste Glimmerblättchen erkennen. U. d. M. sieht man, dass Quarz, Orthoklas, Biotit und etwas Magneteisen das Gestein zusammensetzen. Plagioklas und Muscovit liessen sich nicht sicher nachweisen. Das Gestein zeigt am Abstieg vom Pass dunkler gefärbte, unregelmässig und verfliessend begrenzte Partien. U. d. M. erwiesen sich diese Flecken als kleinkörniger, glimmerärmer und durch Magneteisen gefärbt. Etwas weniger feinkörnig ist der graulichweisse Gneiss von Chemulpho, westlich von Söul. Man erkennt Feldspath, Quarz, Biotit und sehr kleine spärliche Muscovitblättchen neben etwas Schwefelkies. U. d. M. sieht man nur wenig Plagioklas, den Orthoklas und Quarz hier und da pegmatitisch verwachsen.

Im Augengneiss von Hatong, südliches Kyöngsangdo, tritt ein Pegmatit auf, welcher neben reichlichem Quarz und etwas Feldspath viele Körner von schwarzem Turmalin zeigt.

Von den übrigen Gesteinen der krystallinischen Schiefer mag noch ein Hornblendeschiefer von Chinsan, Chhungchhöngdo, angeführt werden, welcher etwas Feldspath, Magneteisen und secundären Epidot enthält.

Granit. Unter den in den krystallinischen Schiefern auftretenden, mittel- bis feinkörnigen Graniten herrscht Biotitgranit vor. Hier und da wird er drusig oder enthält etwas Hornblende. Nur bei Kyöngju, Kyöngsangdo, findet sich Hornblendegranit ohne Biotit, bei Chöngeup, Chöllado, glimmerarmer Granit mit fast mehr Muscovit als Biotit. Der sehr grobkörnige Biotitgranit von Ugokchin, Nord-Phyöngando, enthält rothen Orthoklas in mehr als zollgrossen Krystallen, kleinere spärliche weisse Plagioklase, weissliche Quarzkörner, wenig braune Biotitblättchen. Genauer wurde ein feinkörniger, grauer Biotitgranit nördlich von Kwisan, Chhungchhöngdo, untersucht. U. d. M. ist der überwiegende Orthoklas zum Theil zonal aufgebaut, der Quarz zum Theil mikroperthitisch mit Orthoklas verwachsen, Plagioklas ziemlich reichlich vorhanden, der Biotit meist in Chlorit umgesetzt. Magneteisen, Hornblende, Apatit finden sich sparsam.

Auf der Insel Tsushima kommt in krystallinischen Schiefern bei Idzuhara ein feinkörniger, weisser, an Quarzkörnern reicher, fast muscovitfreier Pegmatit (Aplit) vor, dessen strahlig angehäufte Turmaline u. d. M. grau bis blau durchsichtig erscheinen. Plagioklas liess sich nicht sicher erkennen. Ein ähnliches Gestein findet sich bei Fusan als Gerölle.

Der in krystallinischen Schiefern auftretende, gangförmige Granitporphyr zwischen Paikchi und Ikujang, Hwanghaido, zeigt in bräunlicher Grundmasse 16 bis 24^{mm} grosse weissliche Orthoklaszwillinge, etwas Biotit und Schwefelkies. U. d. M. erkennt man noch etwas Quarz, Hornblende, Plagioklas, Augit, Apatit, Magneteisen.

Felsitporphyr. Unter den zahlreichen Felsitporphyren zeichnet sich der von Mokpho aus. Er enthält in röthlichbrauner, feinkörniger Grundmasse zahlreiche, bis 8^{mm} grosse, braunrothe Orthoklase (vorwiegend einfache Krystalle und Carlsbader Zwillinge, weniger reichlich Bavenoer und Manebacher Zwillinge), einzelne kleinere weissliche Plagioklase, grosse Quarzkrystalle mit Säulenflächen und etwas Biotit. Der Felsitporphyr von Puphyöng, Kyöngkwido, zeigt in dunkelblaugrauer, dichter Grundmasse kleine weissliche oder röthliche Orthoklase zahlreicher als Quarzkörner. U. d. M. besitzt die bestäubte, übrigens wasserhelle Glasbasis Fluidalstructur; der gegen den Orthoklas stark zurücktretende Plagioklas wird bisweilen von Orthoklas umschlossen; neben etwas Magneteisen sieht man noch braune, zum Theil mit Magneteisen erfüllte Hornblende. Sehr ähnlich sieht das Gestein von Deer Island bei Fusan aus. Man erkennt in der dichten blaugrauen Grundmasse mehr weissliche Orthoklase als Quarzkörner und daneben einige Einschlüsse des durchbrochenen Gesteins. U. d. M.

sieht man noch etwas Plagioklas, Augit, Hornblende und Magneteisen in der schwarz gekörnelten, gelblichen, Fluidalstructur zeigenden Glasbasis. Einbuchtungen der Glasbasis in Quarz und Feldspath sind häufig. Bei Tongnai tritt dasselbe Gestein auf.

Hornblendeporphyrit. Ein Gerölle aus dem Amnok bei Wiwön ist ein Hornblendeporphyrit, der in dichter grauschwarzer Grundmasse neben grossen weissen Plagioklasen kleinere glänzende Hornblenden und einzelne braune Biotitblättchen zeigt. U. d. M. ist die Grundmasse eine dunkelfarbige gekörnelte Glasbasis mit etwas Titaneisen und einzelnen Augiten. Der Biotit zeigt oft einen Saum von Eisenerz. Die Hornblende ist braun.

Diorite. Ein Geröll von Changjin, Phyöngando, ist ein Diorit. In überwiegender blaugrauer Grundmasse sieht man neben grossen Hornblenden kleinere weisse Plagioklase und etwas Schwefelkies. U. d. M. erkennt man noch Apatit, Magneteisen (auch als Einschluss in Plagioklas und Hornblende), etwas Quarz. Die gelbbraune Hornblende ist zum Theil in Chlorit umgesetzt. Die Grundmasse besteht aus Plagioklas und Hornblende. Der krystallographisch wohl begrenzte Plagioklas ist zum Theil zonal aufgebaut.

Bei Kwisan, Chhungchhöngdo, durchbricht Quarzglimmerdiorit die dichten Gneisse. In der compacten, feinkörnigen, blaugrauen, überwiegenden Grundmasse sind ausgeschieden grössere weisse Plagioklase und braune, scharfbegrenzte, sechsseitige Biotittafeln, welche zuweilen zu säuligen Bildungen zusammentreten. U. d. M. sieht man den Plagioklas zum Theil zonal aufgebaut, im Biotit Einschlüsse von Apatit und Magneteisen, braune Hornblende untergeordnet, Apatit, ferner Titanit umsäumt von Titaneisen (?), wenig Magneteisen (?), Quarz (vielleicht secundär), secundären Kalkspath, der das Brausen des Gesteins mit Salzsäure bewirkt.

Am Amnok bei Wiwön, Phyöngando, tritt gangförmig (wahrscheinlich im Cambrium) ein porphyrartiger Diorit auf. In kleinkörnigem, röthlichem Gemenge aus Plagioklas und weisslichen Quarzkörnern sieht man grosse grüne Hornblendesäulen und etwas Magneteisen. U. d. M. zeigt die Hornblende zum Theil Zwillingslamellen und theilweise Umwandlung in Chlorit und Glimmer, der Quarz Flüssigkeitseinschlüsse mit beweglicher Libelle. Auf dem Plagioklas liegt secundärer Kalkspath, der das Brausen des stark verwitterten Gesteins mit Salzsäure bewirkt.

Der zwischen Acha und Kyöngju, Kyöngsangdo, anstehende Diorit zeigt in dichter, überwiegender, blaugrauer Grundmasse grosse Hornblenden, kleine weissliche Plagioklase und etwas Schwefelkies. U. d. M. umschliesst die aus Plagioklas und Hornblende bestehende

Grundmasse kleine Plagioklasleisten und Magneteisen. Die grösseren gelbbraunen Hornblenden haben einen ziemlich breiten Magneteisenrand, die kleineren sind ganz in Magneteisen umgesetzt. Quarz und Apatit waren nicht sicher nachzuweisen.

Gerölle bei Changjin, Hamgyöngdo, haben dieselbe Zusammensetzung. Zwischen Kwisan und Yöngphyöng, Chhungchhöngdo, durchbricht die dichten Gneisse ein mittelkörniger Glimmerdiorit. Man erkennt darin verwitterte Hornblende, verwitterten Biotit (oft in sechsseitigen Täfelchen), und grünlichen saussüritähnlichen Plagioklas. U. d. M. hat der Biotit Magneteisenrand und schliesst Apatit ein. In der Hornblende, deren Umrisse erhalten sind, erkennt man hellfarbigen Glimmer, Eisenglanz, Quarz. Ausserdem ist Apatit, Quarz, Eisenglanz, wohl auch Titanit vorhanden. Ein zweiter Quarzglimmerdiorit bildet Gänge im Granatgneiss zwischen Sonchang und Kwandunjöng, nördliches Phyöngando. Er enthält in fast zurücktretender, feinkörniger, hellgrauer Grundmasse grosse, weisse Plagioklase, reichlich kleine, grüne, schlecht begrenzte Biotitblättchen, einige Quarzkörner und einzelne grosse grüne, bei Verwitterung gelbe Augite, welche deutlich nach der Basis spaltbar sind. U. d. M. ist der Biotit vom Rande aus in Chlorit umgesetzt und enthält Zirkoneinschlüsse; der Augit ist schwach pleochroitisch. Die Grundmasse besteht der Hauptsache nach aus Plagioklaslamellen mit etwas Magneteisen, Hornblende und Zirkon.

Der bei Chhangwön, südliches Kyöngsando, auftretende Quarzdioritporphyr zeigt in dichter graubrauner Grundmasse grosse, weisse, zahlreiche Plagioklase (die nur noch zum Theil Streifung erkennen lassen), sehr grosse Quarzkrystalle mit rundlichen Kanten und deutlichen Säulenflächen, glänzende frische Hornblendeprismen und etwas Magneteisen.

*Gabbro. Der 20 li nördlich von Kojang, Kyöngkwido, auftretende mittelkörnige Gabbro enthält etwas Biotit, welcher in dem Gabbro von Pungdung, Kangwöndo, etwas reichlicher auftritt. Der fein*körnige, krystallinische Schiefer durchbrechende Gabbro von Chhönan, Chhungchhöngdo, lässt Biotit nicht erkennen, ebensowenig der mittelkörnige Gabbro von Changjin, Hamgyöngdo, welcher sehr reich ist an Titaneisen. Der kleinkörnige Gabbro 20 li nördlich von Unsan ist arm an Biotit und Titaneisen.

Zwischen Acha und Kyöngju, Kyöngsangdo, am Pass, tritt in Felsitporphyren ein sehr feinkörniger, grünlichgrauer Gabbro auf, in welchem man neben ziemlich reichlichem Diallag undeutliche Plagioklase und ziemlich viel Schwefelkies erkennt. U. d. M. zeigt der gegen Plagioklas zurücktretende Diallag zum Theil Magneteisenrand;

man erkennt noch Apatit, etwas, zum Theil in Chlorit umgesetzten Biotit und Magneteisen.

Zwischen Söul und Yangwhado bildet ein ziemlich grobkörniger, dunkelfarbiger Gabbro einen Gang im Gneiss. Neben überwiegendem Diallag und dem Plagioklas erkennt man noch Magneteisen und reichlichen Schwefelkies. U. d. M. schliesst der Gabbro Apatit und Magneteisen ein. Bei Tongnai, Kyöngsangdo, durchbricht Gabbro den Granit. In dem schwärzlichbraunen Gestein tritt neben Plagioklas und etwas Schwefelkies der Diallag hervor. U. d. M. zeigt das stark verwitterte Gestein noch etwas Magneteisen.

Diabas. Auf Tsushima bildet sehr feinkörniger, dunkelgraugrüner Diabas den Mitake. Man erkennt in dem verwitterten, mit Säure brausenden Gestein neben vielen kleinen Plagioklasen nur spärlich Augit, u. d. M. noch Magneteisen. Der an der Ostküste der Insel zwischen Oshika und Shitaka auftretende, viel hellfarbigere Diabas enthält grössere, weisse Plagioklase und kleine Augite in hellgraugrünlicher Grundmasse. U. d. M. sieht man noch Magneteisen und den Augit oft in Chlorit umgesetzt.

Der feinkörnige, bei Pungdung, Kangwöndo, krystallinische Schiefer durchbrechende, schwärzlichgrüne Diabas zeigt Plagioklas, Augit und etwas Schwefelkies. Das Gestein, welches mit Säure braust, zeigt u. d. M. überwiegend Plagioklas, den Augit oft in Zwillingen ausgebildet und kleine Magneteisenkörner.

Sehr ähnlich ist der im Gneiss bei Kwisan, Chhungchhöngdo, auftretende, hellgrünlichgraue, sehr feinkörnige Diabas, er enthält aber weniger Magneteisen. Bei Naju, südliches Chöllado, durchbricht ein sehr feinkörniger, graugrünlicher Diabas den Biotitgranit. Das stark mit Säure brausende Gestein enthält einzelne ebenfalls mit Säure brausende Plagioklase, u. d. M. sieht man, dass auch der Augit stark umgeändert ist. Kleine Magneteisenkörner sind reichlich.

In dem sehr feinkörnigen, blaugrauen Diabasporphyr von Wiwön, Phyöngando, erkennt man nur grössere, weisse Plagioklase. U. d. M. sieht man, dass in der aus überwiegenden Plagioklasleisten, etwas Magneteisen und Augit gebildeten Grundmasse grössere Plagioklase, einzelne grössere Augite und Magneteisenkörner liegen.

Bei Pukchan, zwischen Kaichhön und Chasan, tritt Diabasporphyr auf, welcher in dichter, graugrüner Grundmasse grosse, weisse Plagioklase, etwas Augit und Eisenkies zeigt. U. d. M. bilden Plagioklasleisten den überwiegenden Theil der Grundmasse, die noch etwas Augit und Magneteisen führt und neben kleineren Augiten grössere Plagioklase ausgeschieden enthält.

Bei Fusan, Kyöngsangdo, durchbricht Diabas den Granit. In grauer, feinkörniger Grundmasse sieht man porphyrartig einzelne grössere Plagioklase, sparsam kleine Augite. U. d. M. überwiegen die zum Theil zonalen Plagioklase; der Augit ist zum Theil knäuelartig verwachsen, Magneteisen ziemlich reichlich vorhanden. Die übrigen Diabase der Umgegend von Fusan und des südlichen Kyöngsangdo überhaupt sind stark epidotisirt.

Von jüngeren Eruptivgesteinen treten nur Dolerite und Doleritbasalte in den krystallinischen Schiefern nördlich und nordwestlich von Söul, bei Singé (westlich jener Hauptmasse), ferner im nördlichsten und südlichsten Theil der Halbinsel, nämlich als Gerölle im Amnokgang und wahrscheinlich in der Nähe von Mokpho auf.

Die blaugrauen Dolerite aus der Umgebung von Anbyön, Provinz Hamgyöngdo, enthalten einzelne runde, leere, grössere Hohlräume, reichlich gelbliche, unregelmässig begrenzte Olivine, kleine, weissliche Plagioklase, wenig schlecht begrenzte Augite und Magneteisenpünktchen. U. d. M. füllen Olivine, violettgraue Augite, Magneteisen die Zwischenräume des Plagioklasbalkenwerkes. Die kleineren frischen Olivine zeigen scharfe Begrenzung durch Krystallflächen, schliessen Magneteisen und etwas Picotit ein. Magneteiseneinschlüsse im Augit sind häufig. Apatit findet sich spärlich. Andere etwas dunklere Abänderungen sind porphyrartig durch Plagioklas und kleine Olivine, sehr arm an Augit und enthalten u. d. M. grünliche, braune, mikrofelsitisch entglaste Zwischenmasse zwischen den Plagioklasen, Olivinen und untergeordneten Augiten; Magneteisen findet sich nur als Einschluss in den Olivinen neben wenig Picotit. An einzelnen Stellen gewinnt hellbraune Glasmasse die Oberhand; sie enthält scharf begrenzte Krystalle von Plagioklas und Olivin (beide mit Glaseinschlüssen), sehr spärlich grünen Augit, das Magneteisen nur als Einschluss im Olivin. Einige Plagioklase sind zonal aufgebaut.

Der etwas weiter südlich, bei Yöngjiön auftretende, säulig abgesonderte, 200 Fuss mächtige Dolerit gleicht dem von Anbyön; nur zeigen die meist angewitterten Olivine auf Rändern und Spalten Eisenoxydhydrate. Der Dolerit, 50 li südlich von Hoiyang, enthält einige grössere Plagioklase, welche u. d. M. centrale, unregelmässig begrenzte Einschlüsse von Augit und Magneteisen führen, so dass nur ein schmaler einschlussfreier Rand übrig bleibt.

Da auch von Herrn Carles bei Phyöngkang säulig abgesonderte Decken von Eruptivgesteinen angegeben werden, so darf man annehmen, dass die Dolerite und Doleritbasalte von Ichhön, Thosan, Majön und Imjin, alle vier am Imjingang gelegen, Stücke derselben Decke sind, mit welcher petrographisch die Gesteine von Singé (west-

lich von Ichhön) übereinstimmen. Die Gerölle von Ichhön und Thosan gehören zum Theil einem blaugrauen, schlackigen Doleritbasalt, zum Theil einem schlackigen, dunkelblaugrauen Dolerit an, in denen man neben grossen und reichlichen Olivinen kleine Plagioklase erkennt. U. d. M. sieht man etwas glasige Zwischenmasse, wenig Augit und Magneteisen; im Olivin spärlich Picotiteinschlüsse. Die von Majön stammenden Dolerite enthalten in grossen und reichlichen Hohlräumen weisse Zeolithe (Natrolithnadeln mit Hyalitüberzug). unterscheiden sich übrigens nicht von den glasfreien Doleriten. Auch die bei Imjin anstehenden, zum Theil compacten, zum Theil blasigen Gesteine schwanken im Korn zwischen hellfarbigen Doleriten und dunkelfarbigen, durch Plagioklas und Olivin porphyrartigen Doleriten. In einem der letzteren sieht man u. d. M. etwas glasige Zwischenmasse, einzelne grosse Plagioklase in derselben Weise mit Augit und Magneteisen erfüllt wie im Dolerit südlich von Hoiyang, ferner neben violettgrauem Augit Olivin (mit Picotiteinschlüssen) und Magneteisen.

Die blaugrauen compacten bis kleinporigen, unregelmässig säulig abgesonderten Dolerite von Singé weichen von dem ersterwähnten Typus in keiner Weise ab. Gerölle von dort sind zum Theil Glasbasalte mit Plagioklas und Olivin, das Glas ist gelbbraun. Gerölle aus dem Amnokgang bei Wiwön im nördlichen Korea bestehen aus blaugrauen, porösen Doleriten, welche u. d. M. glasige, gekörnelte Zwischenmasse (auch als centralen Einschluss im Plagioklas), relativ wenig Olivin, Augit, Magneteisen, dagegen reichlich Plagioklas zeigt. Man sieht, dass der in den übrigen Doleriten so reichliche Olivin hier durch Verwitterung zerstört ist, die sich durch Absätze von Karbonaten, Eisenoxyden und Bol in den Hohlräumen kundgiebt.

Ein bei Mokpho, am südwestlichen Ende von Korea, als Baustein verwendeter, wahrscheinlich aus der Nähe stammender, poröser, blaugrauer Dolerit zeigt u. d. M. dunkelbraungraue glasige Zwischenmasse zwischen den Plagioklasen, Olivinen und spärlichen Augiten. Im Olivin, der auch Picotit einschliesst, sind Glaseinschlüsse reichlicher als im Plagioklas und Augit; Magneteisen findet sich nur in geringer Menge.

Amphibisches Leben in den Rhizomorphen bei Burgk.

Von Dr. R. Schneider
in Berlin.

(Vorgelegt von Hrn. Schulze am 8. Juli [s. oben S. 559].)

Hierzu Taf. VII.

In dem Förderschachte sowohl als auch den Stollenstrecken der Grube Glückauf im Potschappel-Burgk'schen Steinkohlerevier (Plauensche Grund bei Dresden) wuchern, wie an so vielen anderen unterirdischen Stätten, in dichten Massen jene merkwürdig degenerirten Mycelienmassen von Hymenomyceten, wie sie allgemein unter der Bezeichnung *Rhizomorpha subterranea* Pers. (*Rh. putealis* Pers.) bekannt sind.

In dicken schwammigen Polstern überkleidet diese Rhizomorphe hier fast vollständig die Zimmerungen der Schachtwände durch alle Teufen hindurch, beständig bespült und durchtränkt von den stark circulirenden Grundwässern. Der Feuchtigkeitsgrad dieser ganzen Umgebung ist ein derartig abnormer, dass der ursprünglich landbewohnende Pilz fast zum Wasserorganismus wird, eine Art von Anpassung, wohl nur möglich auf Grund der hier vorliegenden morphologischen Reduction und kaum denkbar für den unverkümmerten Hymenomyceten unter normalen superterranen Existenzbedingungen.[1]

Das ganze Innere der Pilzmassen ist, durchaus spongiös, überall von Hohlräumen und vielfach verzweigten Kanälen durchsetzt, die sich bis ins feinere Hyphengewebe als Porengänge verlieren und durch Spalten und Öffnungen verschiedensten Kalibers nach aussen münden, vielfach aber auch durch lang und relativ regelmässig ausgewachsene

[1] Die schönste und üppigste Pilzwucherung findet sich im Förderschachte in einer Teufe von 120^{m} unter Tage, woher auch die von mir untersuchten grösseren Massen vorzugsweise entnommen sind. In dieser Zone verbreiten sich die abfallenden Tagewässer, welche zur Berieselung der Zimmerung benutzt werden, voll und ganz über diese, und es findet hier die erste Vereinigung dieser Wässer mit der ausziehenden, verbrauchten Grubenluft statt. Besagte Momente scheinen hier der Entwickelung ausserordentlich förderlich zu sein.

Röhren oder Tuben, die förmliche architectonische, oft ausserordentlich zierliche Gruppen bilden (Fig. 1. *a* und *b*).

Sie verleihen der in Frage stehenden Rhizomorphaform ihr eigenthümlichstes Gepräge und sind ein sehr wesentliches, nicht zu übersehendes Moment für den zoologischen Hauptgegenstand dieser Abhandlung. In ihnen sammelt sich das Tropfwasser, mit den inneren Hohlräumen beständig communicirend und am Rande überlaufend, zu kleinen Lagunen an.

An vielen anderen Stellen verholzt das Mycelium und bildet strangartige oder strauchig verästelte Ausläufer von harter Structur und schwarzbrauner Farbe, wie dies andere Rhizomorphenformen immer thun, so die *Rh. canalicularis* Hoffm.

Dunkelfarbige Ausscheidungen in und an den übrigens schnee- bis gelblichweissen Pilzmassen rühren entweder von erdigen Partikelchen, vom Wasser mechanisch mitgeführt und abgelagert, her, oder von Eisenoxydhydrat-Niederschlägen, aus den an Bicarbonat reichen Grundwassern ausgeschieden. Das ganze Gewebe ist ausserordentlich reich an Eisenoxyd, besonders in der Umgebung der Hohlräume und Kanäle, wo die Hyphenzellen solches sogar in das Zellinnere aufnehmen (Fig. 1 *c*.)

In und auf diesen Rhizomorphen, — und damit komme ich zur Hauptsache, — ist ein erstaunlich reiches und mannichfaltiges Thierleben angesiedelt; so massig an Arten- wie Individuenzahl, so vollkommen eingebürgert und in einer Art socialen Gleichgewichtes befindlich, dass es, als in dieser Weise kaum bisher beobachtet, Aufmerksamkeit und Interesse auf sich lenken muss.

Beim Loslösen und oberflächlichen Besichtigen einzelner Pilzstücke fällt zunächst die Anwesenheit unzähliger Regenwürmer, die alle Gänge und Kanäle besonders nach der Basis zu bewohnen, in die Augen. Überblickt man einen auch nur kleinen Oberflächenraum mit der Lupe, so kann man sicher sein in buntem Durcheinander zahlreiche kleinere Wurm-, Milben-, Insecten- und Krebsgestalten auf eins zu erblicken; überall Bewegung und thierische Lebenserscheinung.

Alles dies gewährt aber nur eine geringe Vorstellung von der Unendlichkeit dieses pilzbewohnenden Massenlebens, wie es vollends im Innern der Rhizomorphen sich tummelt.

Nach mehrfach vorgenommenen eingehenden Untersuchungen an Ort und Stelle und Feststellung der physischen Verhältnisse in diesen Kohleschächten, nachdem ich ferner im Stande war reichliches, den betreffenden Localitäten frisch entnommenes Material, in zwei grösseren Sendungen mir zugegangen, im Detail zu studiren, will ich in folgendem versuchen die Hauptresultate, die sich aus dem Studium dieses merkwürdigen Dunkellebens ergaben, zusammenzustellen.

Zu ausserordentlichem Danke bin ich dabei den Herren der Burgker Grubendirection verpflichtet, besonders dem Hrn. Bergdirector Zobel, den Obersteigern HH. Freiberg und Neumeyer, sowie dem Maschinensteiger Hrn. Bachmann, durch deren bereitwilliges Entgegenkommen und zum Theil hülfreiche Unterstützung es mir überhaupt erst möglich war über das schwierig zu erlangende Material in genügender Quantität zu verfügen. Dieser Dank sei an dieser Stelle den genannten Herren auf's wärmste ausgesprochen. Desgleichen den sämmtlichen Herren Professoren, Custoden und Assistenten des Königlichen zoologischen und entomologischen Cabinets, welche mir bei der genaueren Bestimmung der Arten u. s. w. vielfach in liebenswürdigster Weise zur Seite standen.

Zunächst die allgemeineren Gesichtspunkte.

Dass manche Thiere, besonders der Arthropodenwelt angehörige, mit Vorliebe, ja oft ausschliesslich Pilze bewohnen, bez. ihre Hauptnahrung aus ihnen entnehmen, ist allbekannte Thatsache. So die Larven zahlreicher Dipteren (*Mycetophila* u. a.), manche Coleopteren (*Oxyporus* und Verwandte), Thysanuren,[1] Nematoden u. s. w.

Vertreter dieser Gruppen spielen auch in den Rhizomorphen von Burgk ihre Rolle. Hier kommt aber erstlich noch das modificirende und complicirende Moment unterirdischer Existenz hinzu, und zweitens handelt es sich in unserem Falle nicht nur um das Vorhandensein wohlbekannter typischer Pilzbewohner, sondern um eine grossartige Ansammlung der verschiedenartigsten, ursprünglich an gänzlich differente Lebensbedingungen und Localitäten gebundenen Organismen, von denen die meisten als in Pilzen vorkommend noch gar nicht bekannt sind, und unter gewöhnlichen Verhältnissen auch gar nicht im Stande sein dürften sich hier völlig einzubürgern. Das erhellt z. B. deutlich, wenn ich hier gleich erwähne, dass ein ungemein reichhaltiges Protisten- und Infusorienleben in unseren Rhizomorphen zu Hause ist.

Aus vorliegenden Ermittelungen[2] hat sich nun als statistisches Allgemeinresultat ergeben, dass die Zahl aller in diesen Pilzen wirklich

[1] Joseph führt manche der in den Grotten beobachteten Thysanuren als vorherrschend Mycelien bewohnend an. Arthropoden in den Tropfsteingrotten von Krain u. s. w. Berlin. Entomolog. Zeitschrift Bd. XXVI, 1882, Heft 1. — Nach meinen in Bergwerken gesammelten Erfahrungen scheinen auch hier die Pilze der Hauptsitz unterirdisch lebender Thysanuren zu sein.

[2] Ich habe absichtlich zweimal zu verschiedenen, mehr als ein Jahr auseinander liegenden Zeiten grössere Pilzmassen untersucht, um erstlich die wirklich und dauernd einheimische, dominirende Fauna zu fixiren und alles unsichere zu eliminiren, zweitens um feststellen zu können, ob eventuell ein allmählicher Wechsel in dieser unterirdischen Thierwelt eintritt und neue Formen von oben oder unten her eindringen. Letzteres ist in einigermaassen ersichtlicher Weise nicht der Fall.

vollkommen eingebürgerten und mit Sicherheit nachgewiesenen Species **50** beträgt, wobei die nur sporadisch oder gelegentlich beobachteten, besonders aus den niedersten Gruppen, als unsicher nicht berücksichtigt sind. Diese 50 gehören den vier Typen der *Protozoa, Vermes, Athropoda* und *Mollusca* an und vertheilen sich auf dieselben numerisch folgendermaassen:

Protozoa		24
Vermes		8
Arthropoda		17
Crustacea	3	
Myriapoda	1	
Arachnoidea	5	
Insecta	8	
Mollusca		1

Der wichtige, anderwärts von mir hervorgehobene Gesichtspunkt aus der Betrachtung Schacht bewohnender Organismen auf Anpassungsalter bez. Stadium und Transmutationsgrad auch uralter Höhlenbewohner allgemeine Rückschlüsse ziehen zu wollen, kann hier nicht geltend gemacht werden, da erstens das Alter des hier in Frage kommenden Schachtes ein noch relativ unbedeutendes ist, d. h. erst etwa zwanzig Jahre beträgt, ausserdem aber hier der Fall vorliegt, dass ausgesprochene, vollkommen subterran modificirte Tiefenbewohner (also auf der Stufe von Grottenbewohnern stehend), von unten her mit den Grundwässern eingedrungen sind und sich mit den von der Oberwelt herrührenden mischen, wofür das ziemlich häufige Vorkommen des absolut blinden *Gammarus puteanus* den unwiderleglichen Beweis liefert.[1] Ein einigermaassen zuverlässiger zeitlicher Maassstab fehlt also hier.

Interessante und bedeutungsvolle Momente ergeben sich aus der Beobachtung dieses subterran localisirten Thierlebens vielmehr insofern als zunächst hier ein Zusammentreffen von streng Wasser bewohnenden und andererseits streng Land bewohnenden Organismen auf demselben relativ beschränkten Terrain stattfindet und das daraus resultirende wechselseitige Anpassungsstreben eine Art allgemeiner amphibischer Coexistenz zuwegebringt.

Für die typischen Wasserbewohner wird durch die beständige Circulation und Ansammlung von Wasser die Möglichkeit eines Aus-

[1] Das Vorkommen des *G. puteanus* in den Schacht bewohnenden Pilzen von Burgk habe ich schon nebenbei erwähnt in meiner Abhandlung über den »unterirdischen Gammarus von Clausthal«, Sitzungsber. der Berl. Akademie, 1885. XLIX. S. 1090. — Inzwischen habe ich das Thier auch in den Wässern einiger sehr alten Freiberger Stollen (Grubenrevier Bescheert Glück) entdeckt; also immer neue Beweise dafür, dass dasselbe in unseren unterirdischen Wasserläufen eine sehr allgemeine Verbreitung hat.

dauerns auf diesem ihnen sonst unzugänglichen Boden gegeben. Man erstaunt, ausser dem schon erwähnten *Gammarus puteanus* von Crustaceen einen Vertreter der Gattung *Cyclops (C. fimbriatus var.)* sowie einen *Canthocamptus (C. minutus var.)* in grosser Individuenzahl sich hier umhertummeln zu sehen; ferner so durchaus an's Wasser gebundene Thiere, wie *Naïs elinguis*, das Turbellar *Stenostoma (St. unicolor)* und zahlreiche Infusorienformen, wie *Spirostomum, Stylonychia, Euplotes* u. a.

Die Hauptsammelpunkte für dieses reiche Wasserleben aber bieten jene schachtartigen Tuben mit ihren Wassercisternen, in denen der beständige Zu- und Abfluss des Tropfwassers, eine beständige Erneuerung der Respirationsluft bewirkend, überhaupt erst dies dicht gedrängte Zusammenleben möglich macht und im Gange erhält.

Dabei haben auch die in diesen mehr abgeschlossenen Wasserbehältern vorzugsweise sich aufhaltenden kleineren Arten immer Gelegenheit, sich vor den Angriffen der grösseren räuberischen in die zahlreichen engen Spalten und Höhlungen des tieferen dichten Pilzgewebes zurückzuziehen, wodurch ein unverkennbares Moment halberzwungener Gewöhnung an theilweises Landleben gegeben ist. Räderthiere und mancherlei Infusorien (*Paramaecium, Colpidium, Stylonychia, Epistylis* u. a.) erfüllen daher in grosser Anzahl die inneren Höhlungen unterhalb der Tuben.

An mehreren Exemplaren von *Naïs*, in einem kleinen Gefässe mit Wasser und einigen Pilzstücken gehalten, habe ich beobachtet, dass sie zwar ab und zu im Wasser erschienen, sich aber immer wieder sehr schnell ins Innere ihrer nadelöhrfeinen Pilzgänge zurückzogen.

Übrigens zeigen auch *Gammarus, Cyclops* und *Canthocamptus* eine ungemeine Neigung und Fähigkeit auf der festeren Unterlage der Pilzsubstanz sich aufzuhalten. Fast kein einziges der zahlreichen einzeln aufgefangenen Exemplare habe ich in den frischen Tropfwasser-Proben gefunden, sondern auf der Oberfläche oder auch in den tieferen Schichten der Rhizomorphen (von *Gammarus* sogar sämmtliche). Fünf lebende Exemplare des letzteren fand ich erst auf, nachdem sie mehrere Wochen ohne jegliches Tropfwasser in Pilzmassen versteckt, ziemlich trocken gestanden hatten.

Noch auffälliger andererseits stellt sich die Art und Weise dar, wie mehr oder minder ausgesprochene Landbewohner sich der wasserreichen Umgebung in und auf diesen Pilzen anzubequemen verstehen, wobei sie ja bei dem überall engen Zusammenliegen und der gleichmässigen Vertheilung von Wasser und Land schliesslich immer wieder leicht festen Boden gewinnen. Viele von ihnen scheinen sich aber behufs leichteren und angemesseneren Nahrungserwerbes mit einer gewissen Vorliebe in's Wasser zu begeben.

So sah ich mehrfach die die Pilze bewohnenden Myriapoden (*Blaniulus*), zwar Feuchtigkeit liebende, aber doch keineswegs Wasser bewohnende Thiere direct ins Wasser gehen und stundenlang unter demselben umherkriechen; auch betasteten sie, von festem Standpunkte aus, fortwährend die Oberfläche des Wassers mit den Fühlern und den Beinpaaren der ganzen vorderen Körperhälfte.

Von den fünf nachgewiesenen Thysanurenarten halten zwei (davon die eine, ein *Anurophorus*, in immenser Menge) sowohl im Pilzinneren als auch im freien Wasser aus, die eben erwähnte, entsprechend ihrem sehr plumpen Körperbau und ihren kurzen Gliedmaassen, unbeholfen und träge sich bewegend, die andere (eine *Podura*) ziemlich schnell auf der Wasserfläche umherlaufend. Dabei dienen diesen Thieren die unter der Haut gelegene stark entwickelte Fettzellschicht sowie die zahlreichen Borsten, durch deren Spitze und Oberfläche ein fettreiches Drüsenproduct in kleinen gelblichen Tröpfchen beständig secernirt wird, — als hydrostatisches Organ, so dass sie fast buchstäblich von einer Ölhülle umgeben sind und vom Wasser gar nicht direct berührt werden (Fig. 4). Im Gegensatze zu diesen Formen mit nur wenig entwickelter Furcula können die beiden mit kräftiger Gabel und dem entsprechenden Springvermögen ausgerüsteten (*Desoria* und *Degeeria*) längeren Aufenthalt auf freier Wasserfläche nicht vertragen und halten sich mehr im Inneren der Pilze auf.

Ähnlich meiden die räuberischen, schnell laufenden Gamasiden das offene Wasser; auch sie sah ich aber oft am Rande desselben sich aufhalten und die Oberfläche untersuchen. Übrigens sind ja auch diese Land liebenden Formen, da hier das ganze Pilzinnere mehr oder minder von Wasser durchtränkt ist, dauernd gezwungen, in wasserreicher Umgebung sich aufzuhalten. Die Acarinenformen aus der Gruppe der *Tyroglyphidae* dagegen erscheinen schon entschieden als Thiere mit amphibischen Gewohnheiten und bedecken zu tausenden sowohl das feste Pilzgewebe wie auch den Boden des Sammelwassers.

Auch die madenartigen Larven der in den Rhizomorphen sich zahlreich entwickelnden Cecidomyiden scheinen in ziemlich hohem Grade an die Umgebung des Wassers gewöhnt zu sein und halten sich lange darin lebend, was von den sonst höchstens feuchte Pflanzengewebe bewohnenden Thieren noch nicht bekannt sein dürfte.[1]

---

[1] Einen noch eclatanteren Fall ähnlicher Art habe ich bei Untersuchung von Braunkohle-Schachtwässern (aus den Gruben bei Halle a. S.) beobachtet, in welchen ich zahlreiche weisse, wohl auch aus unterirdischen Pilzen herrührende Cecidomyiden-Larven fand, von denen sich einige über zwei Jahre lang in blossem Wasser (mit einem Bodensatze von Kohlepulver) lebend erhielten.

Von den massenhaften, das ganze Pilzgewebe durchsetzenden Regenwürmern hielten viele Monate lang im blossen Wasser aus und zeigten immer eine grosse Neigung mit einem Theile des Körpers wenigstens frei im Wasser zu liegen.[1] *Euchytraeus* hingegen starb in purem Wasser nach wenigen Tagen ab, trotzdem dieser gewöhnlich schlammbewohnende *Oligochaet* doch schon an und für sich als amphibisch gelten muss.

Das numerische Verhältniss zwischen Wasser bewohnenden, Land bewohnenden und schon an sich amphibischen Formen, wie sie in den Rhizomorphen von Burgk neben einander leben, ergiebt sich aus folgender statistischer Übersicht:

Typische Wasserbewohner.		Typische Landbewohner.	
Protozoa	21	*Protozoa*	—
Vermes	5	*Vermes*	1
Arthropoda	4[2]	*Arthropoda*	12
Mollusca	—	*Mollusca*	1
	30		14

Amphibische.	
Protozoa	3[3]
Vermes	2[4]
Arthropoda	2
Mollusca	—
	7

Daraus resultirt die interessante Thatsache, dass die Wasserorganismen an Zahl der Arten (wie auch Individuen) bedeutend überwiegen.

Im Anschluss hieran muss ich noch besonders hervorheben, dass nicht etwa nur die oberflächlicheren oder direct von Kanälen berührten Pilztheile von dieser vielgestaltigen und anpassungsfähigen Fauna besetzt sind, sondern bis tief in's Innere des feinsten und dichtesten Hyphengewebes hinein dringt noch in ziemlich bunter Mannigfaltigkeit das kleinere und kleinste Leben. Rotatorien, Nematoden, kleinere Infusorien (besonders *Epistylis*, *Pleuronema*, *Colpidium*), Flagellaten (*Astasia*, *Chilomonas*) und Rhizopoden (*Arcella*, *Euglypha*, *Amoeba*) halten sich hier in bedeutender Menge.

[1] Ein von allen grösseren Pilzstücken separirtes und nur mit kleineren als Nahrung dienenden Fragmenten versehenes Exemplar hielt sich netto 30 Tage im reinen Wasser am Leben. — Vergl. DARWIN's Angaben hierüber: The formation of vegetable mould through the action of worms u. s. w. London 1881. pag. 7, 8.

[2] Hier ist die eine tipula-artige Dipterenlarve besonders mitgezählt, daher ergiebt sich für die Gesammtzahl ein Plus von 1.

[3] *Arcella*, *Centropyxis*, *Euglypha* (und die seltenere *Trinema*).

[4] *Euchytraeus* und *Leptodera*.

Für die völlige Aufschliessung dieser Rhizomorphamassen sind als eigentliche Pioniere und Wegebahner in dem compacten Hyphengeflechte entschieden die Lumbriciden von Bedeutung, vor allem die unzähligen Regenwürmer selbst, welche überall ihre Gänge bohren, wodurch sogar das Innerste für die Wassercirculation sowohl als auch für viele Thierspecies zugänglich wird. So findet sich das relativ grosse Coleopter *Homalota* regelmässig tief im Innern. Auch *Enchytraeus*, sowie die Larven der vorhandenen Dipteren werden bei dieser Thätigkeit betheiligt sein. Letztere veranlassen ausserdem noch vielfach die eigenthümlichen kugeligen oder blasigen Protuberescenzen der Pilzoberfläche und damit Auftreibung an vielen Stellen.

Ein weiterer, aus diesem Zusammenleben sich ergebender interessanter Gesichtspunkt ist der, dass hier schon völlig subterran angepasste und erst jüngst von obenher eingewanderte Formen zusammentreffen. Freilich ist das Zahlenverhältniss beider Gruppen ein sehr ungleiches, denn zur ersteren kann ich mit absoluter Sicherheit nur den *Gammarus puteanus* stellen. Der *Canthocamptus* (vergl. das Artenverzeichniss) rührt aber höchst wahrscheinlich gleichfalls aus unterirdischen Wasserläufen her, und von manchen der vorhandenen Protozoen ist es immerhin möglich.[1] Jedenfalls steht jenen zwei Arten das Gros der ganzen übrigen Gesammtheit von Wasser- und Landthieren gegenüber, und daraus, sollte man meinen, ergäbe sich für die ersteren in der allgemeinen Concurrenz der beiderlei Anpassungselemente ein so wesentlicher Nachtheil, dass dieselben gar nicht im Stande wären, sich jenen, den herrschenden gegenüber. an dieser Stelle zu halten. Indess muss man andererseits bedenken. dass der *Gammarus* wenigstens eine der kräftigsten und räuberischsten aller hier versammelten Thierformen ist und zweitens dem hier erst jüngst geschaffenen Dunkelleben vermöge seiner uralten subterranen Existenz besser angepasst sein muss, als jene anderen noch recenten Einwanderer.[2]

[1] In der That dringen durch Spalten und Zerklüftungen Tiefenwässer seitlich in den Schacht ein, so dass eine Communication mit den unterirdisch circulirenden Wasseradern bewerkstelligt wird. Wirkliche subterrane Höhlen- oder Schlottenbildungen, aus denen der Gammarus etwa herrühren könnte, sind in dieser Gegend bei der Natur der hier anstehenden geologischen Formationen kaum denkbar.

[2] Die anderwärts allgemein constatirte Erscheinung, dass die Rhizomorphen (besonders jüngere im Wachsen begriffene Spitzen) im Dunkeln leuchten, ist an diesem Vorkommen noch nicht beobachtet worden. Es wäre denkbar, dass die übermässige Wasserwirkung hierselbst hindernd einträte. Übrigens verdient die Frage Beachtung, insofern dadurch die Conservirung der optischen Organe bei manchen solche Pilze bewohnenden Thieren beeinflusst werden könnte, ähnlich, wie es nach neueren Ansichten bei Tiefsee bewohnenden in Folge des Meerleuchtens der Fall ist. Untersuchungen über diesen Punkt liegen mir augenblicklich noch vor.

Der allgemeine Kampf um's Dasein ist sicherlich hier, in dieser engen Lebenswelt für sich, zwischen so zahlreichen, verschiedenartigen und auf denkbar kleinsten Raum zusammengedrängten Species ein äusserst intensiver, zumal zwischen den vielfach vorhandenen sich systematisch und physisch sehr nahestehenden. Es ist evident, dass diese alle sich das relativ sehr beschränkte Terrain auf Schritt und Tritt streitig machen, dass eine streng abgemessene Statik der hier beständig stattfindenden grenzenlosen Vermehrung ebenso beständig Einhalt thun muss, wobei den grösseren und räuberischen, aber auch den kleinsten und destructiv parasitischen Formen eine wichtige Rolle zufällt.

Dass bei diesem Ringen um Raum und Existenz im Laufe längerer Zeit manche Arten gelegentlich zurückgedrängt oder unterdrückt werden, andere augenblicklich seltenere mehr zu dominiren beginnen, dass dabei die begünstigten zu mancherlei Modulations- und Anpassungsprocessen veranlasst werden, unterliegt wohl gerade in unserem Falle kaum einem Zweifel. Es ist also in dem Ganzen das Princip einer langsamen Wandelung der Gesammtheit sowohl als der einzelnen Art, — ganz abgesehen von den schon an sich energisch eingreifenden subterranen Einflüssen, — tief begründet.

Bei veränderten Lebens- und besonders Raumverhältnissen, wie sie die partielle Aufbewahrung und Beobachtung dieser Pilzvegetation mit sich bringen muss, tritt natürlich auch Veränderung, Störung, schliesslich Aufhebung des die Gesammtheit beherrschenden stabilen Gleichgewichtes ein. Aber gerade diese Verschiebungen unter den beschränkenden Einflüssen des Gefangenlebens gewähren lichtvolle Einblicke auch in das Ineinandergreifen der Totalität unter den normalen Bedingungen des Freilebens. Einige bezeichnende Fälle meiner diesbezüglichen Einzelbeobachtungen will ich anführen.

In kleineren Gefässen, in welchen ich die lebenden Gammariden längere Zeit hielt, machte sich sehr schnell eine auffällige Verminderung der vorher zahlreichen Turbellarien, der Cyclopen, sowie aller grösseren Infusorien (spec. *Spirostomum*) bemerkbar, sogar bis zu scheinbarer Ausrottung derselben. In dem Maasse, als dann (in Folge Nahrungsmangels) die Gammariden zu Grunde gingen oder auch entfernt wurden, nahmen (in einer Probe) die Copepoden wieder deutlich zu; in einer anderen vermehrten sich dann in augenfälliger Weise die Turbellarien, die Infusorien *Spirostomum, Stylonychia, Euplotes,* sowie *Rotifer* und *Pelomyxa,* während gleichzeitig alle kleineren Infusorienformen stark decimirt wurden, was übrigens in einem etwas späteren Stadium auch mit den Rotatorien (in Folge Nachstellung seitens der Turbellarien) geschah. In einem anderen Behälter, wo Copepoden

sehr überhand genommen hatten, wurde ebenfalls die gesammte grössere Infusorienwelt äusserst spärlich. Aus diesen Thatsachen geht z. B. hervor, dass viele der kleinsten Formen überhaupt nur der Anwesenheit des *Gammarus* (welcher besonders Copepoden und Turbellarien vermindert), die Möglichkeit eines Gedeihens an dieser Localität verdanken.

Innerhalb des Pilzgewebes gehen dauernd chemische Zersetzungsprocesse, wie bei dem selbstverständlich auch massenhaften Absterben der verschiedensten organischen Körper gerade hier nicht anders zu erwarten, vor sich. Daher auch eine beständige, wenngleich schwache Schwefelwasserstoff-Entwickelung, wie Geruch und sofortige Schwärzung von Metall, Bleipapier u. s. w. ergeben, und an besonders stark davon betroffenen Stellen oft übermässiges Gedeihen von Schizomyceten wie *Bacterium*, *Spirillum* und *Vibrio*, besonders der letzteren Gattung in oft auffällig langen Stäbchen (bis 2^{mm} gemessen) mit sehr lebhafter Schwingbewegung.

Weder die Schwefelwasserstoff-Entwickelung aber noch das locale Überwuchern von Bacillen scheint das Gedeihen der übrigen, höher entwickelten Gesammtheit im Ganzen zu stören, und wenn auch manche der höheren Thiere dabei zu Grunde gehen, wie z. B. zahlreiche *Canthocamptus* unter der Infection durch *Spirillum*, so ist das offenbar nur eine für das Gleichgewicht des Ganzen nothwendige Einschränkung allzustarker Vermehrung bei gewissen Species, und andererseits dienen die myriadisch auftretenden Bacillen wieder zahlreichen Infusorien als Nahrung, wie ich es besonders an *Paramaecium*, welches an solchen Stellen dann ebenfalls ausserordentlich zahlreich auftritt, beobachtet habe.

Beim künstlichen Aufbewahren der losgelösten Pilzstücke werden natürlich jene Zersetzungs- und Fäulnissprocesse sehr bald noch weit intensiver, zunächst besonders weil die belebende und gewissermaassen desinficirende Circulation des beständig frischen Tropfwassers aufhört, und nun tritt mit der allmähligen Verwesung der Pilze selbst auch ein mehr oder minder rapides Absterben der meisten Thierspecies ein. Wie different übrigens die specielle Widerstandsfähigkeit gegen diese tödtlichen Einflüsse, liess sich gerade hier trefflich verfolgen. Im ersten Stadium intensiver Zersetzung vermehrten sich in allen Fällen die Infusorien *Epistylis*, *Paramaecium*, *Oxytricha* und *Urostyla*[1]

[1] Die unter solchen Umständen stark vermehrte *Urostyla* fällt ganz besonders durch starke Ablagerung eines fein- und dunkelkörnigen Inhaltes, besonders im hinteren Körpertheile, auf, in welchem sich dann fast immer Eisen nachweisen liess. Nach völlig beendigtem Zersetzungsprocesse und Entweichen aller flüchtigen Fäulnissstoffe verminderten sich auch die Urostylen wieder sehr schnell bis zu gänzlichem Verschwinden.

ungeheuer (während die den beiden letzteren nahverwandte *Stylonychia* sehr schnell erlag; diese sowohl wie *Euplotes* und *Spirostomum* vermehrten sich nur in klarem Wasser mit möglichst frisch erhaltenen Pilztheilen). Am schnellsten starben *Canthocamptus*, *Cyclops* und die meisten Würmer und Thysanuren aus; nur das Thysanur *Anurophorus* und die Pilz bewohnende *Leptodera*, sowie die kleine amphibische Acarine (*Tyroglyphidae*) zeigten dabei regelmässig ein auffälliges Widerstands- ja Vermehrungsvermögen, und in etwa ein Jahr sich selbst überlassenen, ganz vermoderten oder theilweise ausgetrockneten Pilzmassen war von den beiden letzteren Species und ihren in colossaler Menge producirten Eiern alles bedeckt.

Man ist wohl berechtigt dies ganze Zusammenleben von Rhizomorphen und Thierwelt als in stetem Wechselverhältnisse stehend aufzufassen, als eine grossartige Symbiosis in erweitertem Sinne, indem die dauernd absterbenden und sich zersetzenden Thierkörper den parasitirenden Pilzmycelien immer neue Nahrung zuführen, andererseits die meisten der animalischen Bewohner von den Pilzen ihren Unterhalt ziehen.

Die zahlreich in dem Pilzgewebe sich anhäufenden Kohlepartikelchen und kohlereichen Substanzen, durch die Wasser aus den Förderstrecken mit eingeführt, sind auch nicht ganz ohne Bedeutung, insofern sie von manchen der niederen und niedrigsten Organismen verwerthet und in's Innere aufgenommen werden. So benutzt die hier vorkommende *Centropyxis* diese Theilchen mit zum Aufbau ihres Gehäuses, und zwar derart, dass letzteres oft durch und durch tiefschwarz erscheint. Auch im Innern von *Euglypha*, im Protoplasma der *Pelomyxa*, ja sogar im Innenparenchym von Infusorien (*Colpidium* z. B.) und im Darme von *Euchytraeus* habe ich ziemlich oft solche Fragmente bemerkt.

Die ersten Keime jener thierischen Massenbesiedelung, — und diese Frage erscheint bei der grossen räumlichen Ausdehnung derselben, zumal nach der Tiefe des betreffenden Schachtes zu[1], wohl erörternswerth, werden, zum grossen Theile wenigstens, auf demselben Wege in jene unterirdischen Räume gelangt sein wie die ersten Mycelien resp. Sporenmassen, welche zu der weiteren Wucherung den Anstoss gegeben haben, d. h. als epizoische oder endozoische Parasiten des Zimmerungsholzes (viele Thiere jedenfalls im Ei-, Larven- oder Ruhezustande hier geborgen). Für die Land bewohnenden Formen ist dies das einzig Wahrscheinliche; die meisten Wasserorganismen

[1] Die Sohle des Förderschachtes, bis wohin die Rhizomorphen hinabdringen, liegt 400^{m} unter Tage bei einer Temperatur von 22.5—24 C.

werden durch von oben hereindringende Tagewässer gelegentlich hinabtransportirt worden sein, während eine bis zwei Arten, wie schon erwähnt, mit den Grundwässern hinaufgedrungen sein müssen.

Es ist wohl kaum zu bezweifeln, dass ursprünglich auch andere Formen und Arten als die gerade dominirenden hinabbefördert wurden; aber jedenfalls sind nicht alle im Stande und so geeignet wie gerade jene auserwählten sich diesen aussergewöhnlichen Lebensbedingungen in günstiger Weise anzupassen, und das Gesetz einer strengen topischen Auslese regelt sicherlich das Zustandekommen und die Begrenzung dieses Thierstaates.

Als fundamentalen Grund für die Möglichkeit überhaupt eines so seltsam combinirten amphibischen Gemeinlebens müssen wir entschieden die ganze merkwürdige Constitution dieser degenerirten Pilzmassen ansehen, welche, unter dem Einflusse der Dunkelheit weit üppiger und formloser wuchernd, auch eine fabelhafte Indolenz gegen die neuen, absonderlichen Existenzbedingungen entfalten und hier selbst zum amphibischen Organismus werden. So bieten sie auch dem thierischen Gelegenheit, wie sie oberirdisch auch in Pilzen sich kaum bieten dürfte, sich neuen oder theilweise veränderten Verhältnissen in gemächlicher Weise anzupassen. Sie vermitteln durch ihre eigenthümliche Structur und Natur zwischen Land- und Wasserleben; sie gewähren eine geeignete Sammelstätte für schon seit Alters her subterran angepasste Formen und andererseits von der Oberwelt hinabgelangte. Sie geben uns gleichzeitig Fingerzeige dahin, wie unterirdisches Leben sich allmählich und unter erleichterten Bedingungen einbürgern kann, wie sich Landbewohner mit dem in tieferen Erdschichten gesteigerten Feuchtigkeitsgrade abfinden.

Es ist höchst wahrscheinlich, dass auch an anderen ähnlichen Localitäten wo Rhizomorphen in grosser Menge angesiedelt sind, ähnliches Massenleben vorkommt, wenngleich keineswegs jede Rhizomorphenform in so hohem Grade für die Beherbergung eines solchen geeignet ist wie gerade diese.[1]

Ich schliesse den allgemeinen Theil dieser Abhandlung in der Hoffnung, dass dieselbe zur Anpassungs-Elasticität und Migrationsfähigkeit des thierischen Organismus einen kleinen Beitrag liefern möge.

[1] So die z. B. in den Clausthaler und Freiberger Bergwerken, aber auch in Höhlen sehr verbreitete *Rh. canalicularis* Hoffm., die mit ihren langen dünnfadenförmigen Strängen, so weit sie sich frei an Zimmerungen u. s. w. entwickeln, keine Bedingungen für reichlichere Besiedelung gewährt. Fluthet sie dagegen im Wasser, wie ich es in Clausthal vielfach beobachtete, so beherbergt sie zwischen ihrem dichten Gestrüppe eben nur eine geringere Artenzahl von Wasserorganismen.

Verzeichniss

der in den Rhizomorphen von Burgk einheimischen Species und Genera.

Protozoa.

Die mit * bezeichneten Species fallen durch Massenhaftigkeit auf.

Cymozoida:
Bacterium DUJARDIN.
**Spirillum tenue* EHR.
**Vibrio serpens* MÜLL.

Rhizopoda:
Pelomyxa palustris GREEFF.[1] Inhalt gelbbraun, der Hauptsache nach aus Pilzdetritus, zum Theil noch deutlichen Hyphenfragmenten bestehend; dazwischen Kohlestückchen.
Amoeba verrucosa EHR.
Arcella vulgaris EHR. Gehäuse punktirt.
**Euglypha alveolata* DUJARDIN.
Trinema Enchelys EHR. Seltener.
Quadrula symmetrica F. E. SCHULZE. Vereinzelt und nur Gehäuse beobachtet.
Centropyxis aculeata STEIN.

Radiolaria:
Actinophrys sol. EHR. Selten.

Flagellata:
**Chilomonas Paramaecium* EHR. Mit mattgrünen Kernen.
Anisonema grande EHR.
Astasia trichophora EHR.

Infus. peritricha:
**Epistylis umbilicata* CLAP. und LACH.

I. holotricha:
Amphileptus anser EHR. Vereinzelt.
**Paramaecium Aurelia* MÜLLER.
Colpidium cucullus SCHRANK.[2]
Pleuronema Chrysalis EHR.

I. hypotricha:
Stylonychia pustulata EHR. (und vielleicht *St. mytilus* EHR.)
**Urostyla grandis* EHR.
**Oxytricha affinis* STEIN.
Euplotes patella EHR.
Psilotricha acuminata. STEIN.

---

[1] Vergl. Archiv für mikroskop. Anatomie, Bd. X, 1. Heft, Tab. III; — desgl. F. E. SCHULZE, Rhizopodenstudien.

[2] Identisch mit *Paramaecium colpoda* EHR.; — vergl. KENT, Manual of the infusoria, II, p. 537.

I. heterotricha: *Spirostomum ambiguum* Ehr. Von Stein noch nicht als unterirdisch gekannt. Das Peristom zieht sich bei meinen Exemplaren bis hinter die Körpermitte.[1]

Vermes.

Turbellariae: *Stenostoma unicolor* O. Sch.[2]

Vortex (spec.) Ehr. Erst vereinzelt beobachtet.

Rotatoria: *Rotifer vulgaris* Schrank.

Nematodes: **Leptodera appendiculata* A. Schn. Die Larvenzustände besonders im Wasser, die geschlechtsreifen Individuen im Mycelium, zuweilen auch parasitisch auf Thieren. z. B. Acarinen *(Tyroglyphus)*.[3]

Chaetopoda: *Ichthydium podura* Müll. Vereinzelt.

Euchytraeus vermicularis O. Fr. Müll.

Nais elinguis O. Fr. Müll. Fluctuirende Mesodermzellen farblos, Blutgefässe blassgelb.

**Lumbricus agricola* Hoffmeister.

Crustacea.

Canthocamptus minutus Claus, *var.* Stimmt im Wesentlichen mit der von Claus[4] unter diesem Namen aufgestellten und oberirdisch allgemein verbreiteten Form überein und hängt genetisch sicher mit dieser zusammen, weicht aber doch andererseits entschieden von jener ab durch ein kräftiger entwickeltes Rostrum;[5] ferner durch ein an Grösse und Pigment stark verkümmertes Auge (vergl. Fig. 2a), welches, mattrosa an Farbe, von oben gesehen deutlich zwei getrennte Becher erkennen lässt. Körper durchsichtig-farblos, die stark aufgespeicherten Fettzellen mattgelblich. Die von mir vergleichsweise untersuchten oberirdischen Exemplare waren stets durch lebhaft orangerothe,

---

[1] Vergl. Stein, Infusionsthiere u. s. w., II. Abth. S. 192, T. II.

[2] Von Vejdovsky auch in der Prager Brunnenfauna beobachtet. Vejdovsky, Thierorganismen in den Brunnenwässern von Prag. Prag 1882; — vergl. auch Graff, die Turbellarien, Leipzig 1882, I, S. 257.

[3] Vergl. die Angaben von A. Schneider, Nematoden, Berlin 1886, S. 150 u. 159.

[4] Claus, die freilebenden Copepoden, Leipzig 1853, S. 122.

[5] Wie es bezeichnender Weise manche bei Claus abgebildete augenlose, besonders marine Harpactidenformen zeigen, so *Longipedia coronata* (T. XIV, 14), *Cleta serrata* (T. XV, 13), *Thalestris harpactoides* (T. XIX, 2).

spärlicher abgelagerte Fettzellen ausgezeichnet. Auf Grund letzterer Thatsachen muss ich die Ansicht vertreten, dass der in Frage stehende *C.* schon längere Zeit subterran gelebt hat und von unten her durch Grundwässer in die Rhizomorphen eingeschleppt worden ist. Er dürfte also als interessante Übergangsform gelten.

**Cyclops fimbriatus (s. crassicornis)* Fischer, *var.* Unterscheidet sich von allen bei Claus aufgestellten einheimischen Arten durch die nur achtgliedrigen Vorder-Antennen,[1] und zwar handelt es sich dabei um völlig entwickelte und ausgewachsene Individuen. Sämmtliche geschlechtsreife, Eier producirende Weibchen, welche ich untersuchte, verhielten sich so, und dabei fand auch dauernde starke Vermehrung dieser Cyclopsform statt (vergl. Fig. 3a). Ferner sind die Vorder-Antennen ungemein kurz und gedrungen (sie erreichen nicht den Hinterrand des Cephalothorax), mit längstem vierten Gliede und mit sehr kräftigen Fiederborsten dicht besetzt, die beim ♂ zum Theil auffällig lang werden, bei welchem gleichzeitig der Greifapparat ausserordentlich kurz ist (Fig. 3b, c). Auch die Endborsten an den Schwimmfüssen beider Geschlechter fallen durch Länge auf. Hinsichtlich der übrigen Charaktermerkmale (Anordnung der Ovarien u. s. w.) zeigt unter den bei Claus abgebildeten und beschriebenen Arten noch die grösste Ähnlichkeit *C. canthocarpoïdes* Fischer.[2]

Vejdovsky führt jedoch in seiner Brunnenfauna[3] einen ebenfalls nur mit acht Antennengliedern versehenen Cyclops an (*C. fimbriatus* Fischer), der mir mit dem von Burgk in allen Hauptzügen übereinzustimmen scheint, weshalb ich letzteren artlich noch mit jenem identificiren zu dürfen glaube. Allerdings besitzt der meinige ein fast noch intactes Auge, an dem höchstens das Pigment etwas matter erscheint und die Trennung in zwei Becher

[1] Ebenda, S. 96 bis 103.
[2] Ebenda S. 102 und auch S. 20.
[3] Vejdovsky, Thierorganismen in den Brunnenwässern von Prag. Prag 1882.

schon recht deutlich ist, während die Brunnenform nur noch schwache Augenreste aufzuweisen hat. Es scheinen mir dies nur verschiedene Grade subterraner Anpassung, dem erst geringeren oder schon längeren Zeitmaasse des Aufenthaltes im Dunkeln entsprechend, zu sein. Der Cyclops von Burgk ist sicherlich erst von obenher in die Rhizomorphen gelangt, kann demnach auch erst etwa zwanzig Jahre lang der Dunkelheit ausgesetzt gewesen sein.[1] Der Körper ist durchsichtig-farblos bis auf den etwas dunkleren Geschlechtsapparat und gelegentlich den Darminhalt, der meist Eisenoxydhydrat enthält.

Gammarus puteanus Koch (*Nyphargus p.* Schiödte). Körper auffällig arm an Kalk- (und Eisen-) Ablagerungen, dagegen mit sehr stark entwickeltem, kleine fast farblose Fetttropfen enthaltendem Corpus adiposum. Gesammtfarbe milchweiss bis mattgraulichweiss. Sämmliche Individuen von nur geringer Grösse (etwa 9^{mm} ohne Fühler und Abdominalanhänge).

Myriapoda.

Blaniulus (spec.) Koch[2] (*Julidae*).

Arachnoïdea (Acarina).

**Tyroglyphidae* (Gen. spec.?). Amphibisch im Wasser und auf den Pilzen lebend.

Tyroglyphus (spec.) Latreille.

Gamasidae (Gen. spec.?).

Sejus (spec.) Koch.

Damaeus (spec.) Koch. Vereinzelt beobachtet.

---

[1] Da die bei weitem meisten aller von mir untersuchten, den verschiedensten Bergwerken entstammenden Cyclopen achtgliedrige Vorder-Antennen aufzuweisen hatten, so möchte ich mich der Ansicht zuneigen, dass überhaupt bei subterraner Existenz das Princip, die Antennengliederzahl auf acht oder ein noch geringeres Maass zu reduciren, ein ziemlich allgemein herrschendes ist, während andererseits Borsten-, Fieder- und Tastorgane praevaliren. Jedenfalls muss der mit achtgliedrigen Antennen versehene Cyclops als eine sehr allgemein verbreitete subterrane Form gelten. Ich behalte mir vor über unterirdische Cyclopen Näheres und Umfassenderes mitzutheilen.

[2] Die genauere Artenbestimmung der meisten die Rhizomorpha bewohnenden Arthropoden war bisher noch nicht zu ermöglichen. Ich beschränke mich hinsichtlich dieser vorläufig auf Angabe der Gattungs- und Gruppenzugehörigkeit, und hoffe bei anderer Gelegenheit Genaueres über die Species, sowie eventuellen Abweichungen veröffentlichen zu können.

Insecta.

Aptera, Thysanura, Poduridae:

**Anurophorus* (spec.) NIC.

Achorutes (spec.) TEMPLETON. Vereinzelt.

Podura (spec.) LINNÉ. Vereinzelt beobachtet.

**Desoria* (spec.) AGASSIZ.

Degeeria (spec.) NIC.

Diptera:

Hormomyia (spec.) LÖW (*Cecidomyidae*).

Cecidomyidae (Gen. spec.?).

Tipula-artige Larven (?).

Coleoptera:

Homalota sulcifrons (*Staphylinidae*), STEPHENS. Weicht von der gewöhnlichen Form etwas ab: der Prothorax ist etwas schmäler (fast so lang als breit); die Kopffurche zwischen den Augen viel schwächer, die Antennen sind nicht gelbbraun, sondern mehr pechbraun. Körperfarbe dunkler, pechschwarz, Flügeldecken pechbraun.[1] Ist nebst seinen Verwandten (*Oxyporus* FABRICIUS) als pilzbesuchend bekannt. Neigung zu unterirdischem oder dunklem Aufenthalte scheint überhaupt der Gattung eigen, wofür die Höhlenform *H. spelaea* ERICHS. spricht. JOSEPH führt dieselbe als ebenfalls noch mit deutlichen Augen versehen an und als auch in Kellern u. s. w. vorkommend.[2] Beides werden also erst Anfangsstadien subterraner Anpassungsformen sein, *H. spelaea* jedenfalls das vorgeschrittenere.

Mollusca.

Arion hortensis FÉR. Vereinzelt.

[1] Ich verdanke diese Angaben dem Hrn. H. J. KOLBE im entomolog. Cabinet der Berliner Universität.

[2] Arthropoden in den Tropfsteingrotten u. s. w. Berlin. Entomolog. Zeitschrift, Bd. XXVI, 1882, H. 1, S. 33.

Tafelerklärung.

Fig. 1. *a* Tuben-Gruppe der *Rhizomorpha subterranea* von Burgk $(\frac{1}{1})$; *b* Querschnitt einer solchen (schwach vergrössert); *c* Hyphengeflecht, einen Hohlraum einschliessend; die dunkleren Hyphen-Endigungen eisenoxydhydrathaltig $(\frac{500}{1})$.

Fig. 2. *a Canthocamptus minutus var.* mit verkümmertem Auge $(\frac{180}{1})$; *b Canthocamptus minutus* in normalem Zustande; *c* Auge desselben bei auffallendem Lichte.

Fig. 3. *a Cyclops fimbriatus var.* $(\frac{180}{1})$; *b* Vorder-Antenne des ♂ $(\frac{180}{1})$; *c* Basalglieder derselben $(\frac{500}{1})$.

Fig. 4. Rand vom Abdomen eines pilzbewohnenden *Anurophorus* mit drei Fett absondernden Borsten $(\frac{500}{1})$; bei *a* die granulirte Cuticula; bei *b* Ablagerung von Fettzellen; bei *c* ausgetretene Tropfen des Drüsensecrets; bei *d* Pigmentkörner.

Zur Geschichte der Cyanursäureäther.

Von A. W. Hofmann.

(Vorgetragen am 10. Juni [s. oben S. 527].)

Die Beschäftigung mit der Sulfocyanursäure, für deren Darstellung der durch Polymerisation des Methylsulfocyanats gewonnene Methyläther Ausgangspunkt gewesen ist, hat mich mehrfach an die Versuche erinnert, welche ich vor bereits geraumer Zeit in Gemeinschaft mit O. Olshausen[1] über die durch Polymerisation der von Cloez entdeckten sogenannten Cyanätholine entstehenden normalen Cyanursäureäther angestellt habe. Die nahen Beziehungen, welche zwischen den Äthern der Sulfocyanursäure und Cyanursäure obwalten, sind Veranlassung zu einigen neuen Versuchen über die letztgenannte Körperklasse gewesen, welche die früheren Mittheilungen über diesen Gegenstand, soweit dies nicht durch die inzwischen erschienenen umfangreichen Arbeiten von Mulder[2], von Ponomareff[3] und von Claesson[4] bereits geschehen ist, ergänzen sollen.

Die gemeinschaftlich mit Olshausen ausgeführten Versuche beziehen sich vorzugsweise auf die Einwirkung des Chlorcyans auf Natriummethylat. Die Untersuchung ist aber auch auf die Äthyl-, Amyl- und Phenylreihe ausgedehnt worden. Die Versuche in der Methylreihe anlangend, hatten wir gefunden, dass ein in erster Linie gebildetes Öl sich bald in eine krystallinische Masse verwandelt, welche im Wesentlichen aus dem normalen Cyanursäuremethyläther, $(C{\equiv}N)_3(OCH_3)_3$ (Schmelzpunkt 132°, Siedepunkt 160 bis 170°?), und dem Dimethyläther einer Amidocyanursäure, $(C{\equiv}N)_3(OCH_3)_2(NH_2)$ (Schmelzpunkt 212°), besteht. Das bemerkenswertheste Ergebniss aber war, dass der normale Cyanursäuremethyläther vom Schmelzpunkt 132° beim Erhitzen in den altbekannten Isocyanursäuremethyläther vom

[1] Hofmann und Olshausen, Monatsberichte 1870, 198.

[2] Mulder, Berichte chem. Ges. XV, 69; XVI, (R.) 390, 2763; XVIII, (R.) 106, 377, 540, 541.

[3] Ponomareff, Berichte chem. Ges. XV, 513; XVIII, 3261.

[4] Claesson, Berichte chem. Ges. XVIII, (R.) 496 u. 497; J. p. Ch. XXXIII, 116.

Schmelzpunkt 175° übergeht. Bei dem Versuche in der Äthylreihe war es uns nicht gelungen, den normalen Triäthylcyanursäureäther, $(C\equiv N)_3(OC_2H_5)_3$, zu erhalten, indem sich stets eine Mischung in wechselnder Menge des Diäthyläthers einer Amidocyanursäure, $(C\equiv N)_3(OC_2H_5)_2NH_2$ (Schmelzpunkt 97°), und des Äthyläthers einer Diamidocyanursäure, $(C\equiv N)_3OC_2H_5(NH_2)_2$ (Schmelzpunkt 190 bis 200°), bildete.

Unsere Versuche in der Amylreihe waren ausschliesslich qualitativer Natur und beschränkten sich darauf, im Allgemeinen den Nachweis zu führen, dass das Chlorcyan auf Natriumamylat gerade so wirkt, wie auf die Metallderivate des Methyl- und Äthylalkohols. Dagegen war noch ein Phenylcyanursäureäther, $(C\equiv N)_3(OC_6H_5)_3$ (Schmelzpunkt 224°), beschrieben worden.

Die Forscher, von denen dieser Gegenstand seitdem weiter untersucht worden ist, haben mehr in der Äthylreihe als in der Methylreihe gearbeitet. Es kann begreiflicher Weise meine Aufgabe nicht sein, an dieser Stelle Umschau über alle diese Untersuchungen zu halten. Es soll nur an die wichtigeren Fortschritte erinnert werden, welche die Erkenntniss der Cyanursäureäther in Folge dieser Arbeiten während der letzten Jahre gemacht hat.

Zunächst gelang es Mulder, indem er statt Chlorcyan Bromcyan auf Natriumäthylat einwirken liess, auch den dem normalen Trimethyläther entsprechenden Triäthyläther, vom Schmelzpunkte 29° und vom Siedepunkte 235°, darzustellen. Derselbe Forscher beobachtete, dass dieser Äther, auf 250° erhitzt, in die Isoverbindung übergeht, eine Umwandlung, welche der Trimethyläther theilweise schon bei der einfachen Destillation erfährt. Der normale Äther bildet ein wenig stabiles Bromadditionsproduct, welche Fähigkeit dem Isoäther abgeht; Mulder glaubt daher, dass man beide Classen von Äthern mit Hülfe des Broms unterscheiden könne. Auch mit Chlorcyan verbindet sich der normale Triäthyläther.

Die Untersuchung wesentlich fördernd war die Beobachtung Ponomareff's, dass sich der normale Cyanursäureäthyläther am zweckmässigsten mit Hülfe des Cyanurchlorids und Cyanurbromids gewinnen lasse. Derselbe fand auch, dass der Äthyläther mit Quecksilberchlorid eine Verbindung von der Zusammensetzung $(C\equiv N)_3(OC_2H_5)_3$, $HgCl_2$ eingeht. Eine analoge Verbindung mit dem Triäthylisocyanurat konnte nicht erhalten werden, und Ponomareff ist der Ansicht, dass dieses Verhalten zur Unterscheidung beider Classen von Äthern dienen könne.

Durch Behandlung mit Baryt gelang es Mulder sowie Ponomareff, den normalen Äthyläther in Diäthylcyanursäure überzuführen, welche in der Form von Barium- und Bleisalz analysirt wurde.

Auf die Umwandlung des Silbercyanurats durch Alkyljodide, welche sowohl von Claesson als auch von Ponomareff studirt worden ist, komme ich bei einer anderen Gelegenheit (vergl. S. 933) eingehend zurück.

Nach dieser kurzen Darlegung der Hauptergebnisse der Untersuchungen über die Cyanursäureäther, welche seit wir, Olshausen und ich, diesen Gegenstand behandelt haben, veröffentlicht worden sind, will ich die Erfahrungen mittheilen, welche gelegentlich der Arbeiten über verwandte Gegenstände in letzter Zeit gewonnen wurden. Sie betreffen vorzugsweise die Glieder der Methylreihe.

Versuche in der Methylreihe.

Normaler Trimethylcyanursäureäther.

Bei den neuen Versuchen ist diese Verbindung sowohl auf dem ursprünglich eingehaltenen Wege mit Hülfe des Chlorcyans als auch mittelst Brom- und Jodcyan gewonnen worden. Diese Processe, in denen sich stets Nebenproducte bilden, sind aber mit dem von Ponomareff angegebenen Verfahren mittelst Cyanurchlorids nicht zu vergleichen. Aus diesem Grunde wurde dasselbe später auch ausschliesslich angewendet. Hat man völlig reines Cyanurchlorid zur Verfügung, so wendet man auf 1 Mol. desselben 3 At. Natrium an. Das Natrium wird in absolutem Methylalkohol gelöst, das gebildete Natriummethylat mit dem 10 bis 15 fachen Gewichte Methylalkohol verdünnt, und der Lösung alsdann vorsichtig, um allzuheftige Reaction zu vermeiden, die abgewogene Menge Cyanurchlorid zugesetzt. Man filtrirt die siedend heiss gewordene Lösung von dem ausgeschiedenen Kochsalz ab und verdampft bei möglichst niedriger Temperatur. Der Rückstand besteht aus dem normalen Äther, dem aber stets noch Kochsalz und öfters etwas freies Natriummethylat beigemischt ist. Es empfiehlt sich, das Product nochmals in Äther aufzunehmen, statt alsbald, wie man versucht sein könnte, mit Wasser zu behandeln. Alkalische Flüssigkeiten üben auf den normalen Äther, zumal den unreinen, leicht eine zersetzende Wirkung. Das abfiltrirte Kochsalz enthält stets nicht unerhebliche Mengen des Trimethyläthers, welcher durch absoluten Äther — sehr bequem mittelst des Soxhlet'schen Extractionsapparates — gewonnen werden kann. Ist das angewendete Cyanurchlorid nicht absolut rein, so muss etwas weniger Natrium angewendet werden. Es ist nicht erwünscht, einen Überschuss von Natriummethylat in Lösung zu haben, weil dasselbe einen Theil des Äthers zersetzen würde. Man kann vortheilhaft 50^g Cyanurchlorid auf einmal verarbeiten; die Ausbeute ist nahezu die theoretische.

Für die beschriebenen Versuche sind des Öfteren grössere Mengen von Cyanurchlorid dargestellt worden. Bei einer solchen Darstellung wurden schöne Krystalle erhalten, über welche Hr. Dr. A. Fock die Güte gehabt hat, mir Folgendes mitzutheilen:

Cyanurchlorid.

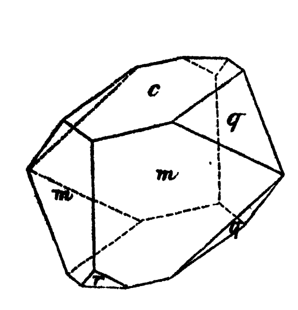
Aus Äther krystallisirt. Schmelzpunkt 146°.

»Monosymmetrisch:

$$a:b:c = 1.0176:1:1.5010.$$
$$\beta = 83° 50'.$$

Beobachtete Formen: c = oP(001), m = ∞P(110), q = P∞ (011), r = +P∞(̄101).

Farblose Krystalle von recht ungleichmässiger Ausbildung, deren Flächen anfangs glänzend sind, aber nach kurzer Zeit trübe werden.



		beobachtet	berechnet
$m : m$	$= 1\bar{1}0 : 110$	$= 90° 40'$	—
$c : m$	$= 001 : 110$	$= 85° 40'$	—
$c : r$	$= 001 : \bar{1}01$	$= 60° 9'$	—
$m : r$	$= \bar{1}10 : \bar{1}01$	$= 55° 24'$	$55° 21'$
$q : c$	$= 011 : 001$	$= 56° 10'$	$56° 10'$
$q : m$	$= 011 : 110$	$= 50° 53'$	$50° 44'$
$q : m$	$= 011 : \bar{1}10$	$= 56° 32'$	$56° 43'$
$q : r$	$= 011 : \bar{1}01$	$= 73° 56'$	$73° 58'$

Spaltbarkeit vollkommen nach r ($\bar{1}01$).

Ebene der optischen Axen senkrecht zur Symmetrieebene.

Erste Mittellinie nur wenig gegen die Normale zur Fläche r ($\bar{1}01$) geneigt.

$$2E = 28° 0' \text{ für Natriumlicht.}$$

Dispersion der optischen Axen gering $\rho < v$.

Horizontale Dispersion nicht merklich.«

Dem was wir, Olshausen und ich, früher über den normalen Trimethylcyanursäureäther angegeben haben, ist nur wenig hinzuzufügen. Indessen habe ich ihn, da die Bildung von Nebenproducten ausgeschlossen war, auch grössere Mengen zur Verfügung standen, die öfters aus Alkohol — oder besser aus siedendem Wasser — umkrystallisirt werden konnten, reiner wie früher erhalten. Während wir ehedem den Schmelzpunkt bei 132° fanden, zeigte der mehrfach aus Wasser umkrystallisirte Körper nunmehr den Schmelzpunkt 135°. Der Siedepunkt liegt bei 250°. Bei dieser Temperatur lässt sich der normale Äther überdestilliren, ohne dass sich erhebliche Mengen der Isoverbindung bilden. Eine gelinde Zersetzung erleidet der Äther aber doch, insofern das erstarrte Destillat nunmehr viel niedriger

schmilzt (bei etwa 120°). Durch Umkrystallisiren aus Wasser steigt aber der Schmelzpunkt alsbald wieder auf 135°. Wird der normale Äther in einem Ballon mit Rückflusskühler längere Zeit im Sieden erhalten, so geht er vollständig in den Isoäther über, wobei die Temperatur allmählich auf 274°, den Siedepunkt des letzteren, steigt.

Die Analyse des normalen Trimethylcyanursäureäthers

$$(C{\equiv}N)_3(OCH_3)_3 = C_6H_9N_3O_3$$

ergab folgende Werthe:

	Theorie		Versuch		
C_6	72	42.10	42.27	42.59	—
H_9	9	5.26	4.98	5.64	—
N_3	42	24.55	—	—	24.21
O_3	48	28.09	—	—	—
	171	100.00			

Der normale Methyläther löst sich in kalter concentrirter Salzsäure; auf Zusatz von Ammoniak wird er unverändert aus der Lösung ausgeschieden. Beim Kochen mit Salzsäure liefert er Chlormethyl, welches sich anzünden lässt, und Cyanursäure, welche durch ihre Reactionen unzweifelhaft identificirt wird. Die analoge Umwandlung in Alkohol und Cyanursäure erfährt der Trimethyläther durch Kochen mit einem Überschusse von Alkalihydrat.

An dieser Stelle will ich die Messungen einiger im Laufe dieser Untersuchungen gewonnenen Krystalle einschalten, welche ich ebenfalls der Güte des Hrn. A. Fock verdanke. Sie betreffen das normale Trimethylcyanurat, das Trimethylisocyanurat und das normale Trimethylsulfocyanurat.

Normales Trimethylcyanurat.

Aus Äther krystallisirt. Schmelzpunkt 136°.

»Rhombisch.

Langprismatische, farblose Krystalle.

Beobachtete Formen: ∞P(110), ∞P̄∞(010) und oP(001). Der Prismenwinkel 110 : 1̄10 wurde zu 59½ bis 60½ gefunden, so dass nach einer rein geometrischen Untersuchung die Substanz für hexagonal gehalten werden muss.

Spaltbar vollkommen nach der Basis (001).

Optische Axenebene = (010).

Erste Mittellinie = Axe c.

Optischer Axenwinkel sehr klein:

$$2E = 14°45' \text{ für Natriumlicht.}$$

Dispersion $\rho < v$.«

Normales Trimethylsulfocyanurat.

Aus Eisessig krystallisirt. Schmelzpunkt 189°.

»Hexagonal.

Beobachtete Formen: c = oP(0001) und m = ∞P(01$\bar{1}$0).

Kleine, schwach gelblich gefärbte Krystalle von kurz-prismatischem Habitus.

Spaltbar vollkommen nach der Basis (c).

Die durch Spalten leicht zu erhaltenden Blättchen nach der Basis zeigen im polarisirten Lichte die Interferenzerscheinungen der einaxigen Krystalle.«

Trimethylisocyanurat.

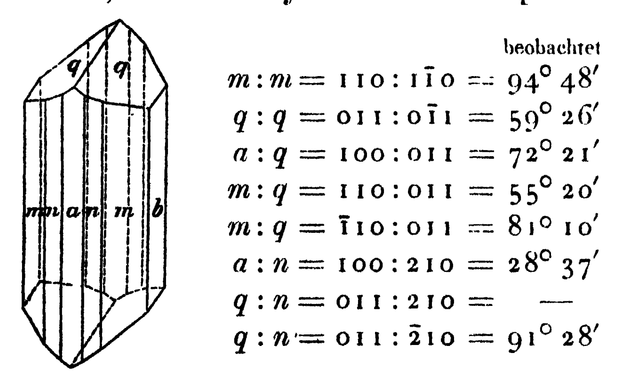
Aus Alkohol krystallisirt. Schmelzpunkt 176°.

»Monosymmetrisch:

$$a:b:c = 1.1606:1:0.6092.$$
$$\beta = 69^\circ 34'.$$

Beobachtete Formen: b = ∞P∞ (010), a = ∞P∞ (100), m = ∞P (110), n = ∞P2 (210), q = P∞ (011).

Kleine, farblose Krystalle von kurz-prismatischem Habitus.



		beobachtet	berechnet
$m:m$ =	110 : 1$\bar{1}$0 =	94° 48′	—
$q:q$ =	011 : 0$\bar{1}$1 =	59° 26′	—
$a:q$ =	100 : 011 =	72° 21′	—
$m:q$ =	110 : 011 =	55° 20′	55° 23′
$m:q$ =	$\bar{1}$10 : 011 =	81° 10′	81° 22′
$a:n$ =	100 : 210 =	28° 37′	28° 32′
$q:n$ =	011 : 210 =	—	59° 47′
$q:n$ =	011 : $\bar{2}$10 =	91° 28′	91° 42′

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

Nähere optische Untersuchung wegen der Kleinheit und Unvollkommenheit der Krystalle nicht ausführbar.

Dieser Äther ist bereits von Nicklès[1] gemessen worden. Rammelsberg[2] beschreibt die Krystalle als rhombisch. Es dürfte hier aber ein Versehen untergelaufen sein, was um so leichter verständlich ist, als nur eine unvollkommene Messung vorliegt, und gleichzeitig die von Nicklès als Cyanursäureäthyläther beschriebene Substanz irrthümlich für die Methylverbindung gehalten worden ist.

[1] Nicklès, Compt. rend. des trav. de chim. par Laurent et Gerhardt 1849, 352.

[2] Rammelsberg, Handbuch der krystallographischen Chemie II, 252.

In krystallographischer Hinsicht zeigen die vorliegenden Körper nur wenige gesetzmässige Beziehungen. Hervorgehoben sei hier nur die Ähnlichkeit der Form zwischen dem normalen Trimethylcyanurat und Trimethylsulfocyanurat. Dieselbe ist, obwohl beide verschiedenen Krystallsystemen angehören, eine sehr grosse und kann als ein Beweis dafür angesehen werden, dass die beiden Körper eine analoge Constitution besitzen, sowie dass sich Schwefel und Sauerstoff in organischen Substanzen isomorph vertreten können.«

Normale Dimethylcyanursäure.

Wenn man in dem letzterwähnten Versuche das Alkali nicht im Überschusse angewendet hat, so bleibt ein Theil des Trimethyläthers unverändert; neben demselben erscheint aber alsdann ein Zwischenproduct, nämlich die in dem Titel des Paragraphen verzeichnete Säure. Ihre Darstellung ist nicht ganz leicht, da sich die Reaction nur schwierig in dem Stadium festhalten lässt, in welchem nur eine Methylgruppe eliminirt ist. Es sind viele Versuche angestellt worden, um eine einigermaassen befriedigende Ausbeute zu erzielen. Das günstigste Ergebniss wurde erhalten, als 2^g Natrium in 15^g absolutem Methylalkohol (nicht Äthylalkohol!) gelöst und in diese Lösung 15^g des Trimethyläthers eingetragen wurden. Die Mischung $1\frac{1}{2}$ Stunden im Einschlussrohr auf $100°$ erhitzt, erstarrte nach dem Erkalten zu einer verfilzten Masse feinhaariger Krystalle von dimethylcyanursaurem Natrium. Dieses Salz ist nach dem Umkrystallisiren aus Methylalkohol, in welchem es etwas weniger löslich als in Wasser ist, analysirt worden.

Der Formel

$$(C{\equiv}N)_3(OCH_3)_2ONa$$

entsprechen 12.85 Procent Natrium. Der Versuch ergab 12.95 und 13.13 Procent, in der Form von Sulfat bestimmt, in dem bei $100°$ getrockneten Salze.

Zur Gewinnung der Säure wurde das Natriumsalz in möglichst wenig Wasser gelöst und mit Essigsäure gefällt. Die Säure scheidet sich in kleinen, länglichen, sechsseitigen Blättchen aus, deren Ecken häufig abgerundet erscheinen. Die Ausbeute an Säure beträgt beiläufig 30 Procent der theoretischen. Der Verlust wird durch den Umstand bedingt, dass man die Mutterlaugen sowohl des Natriumsalzes als auch der Dimethylcyanursäure nicht abdampfen kann, ohne die dimethylirte Cyanursäure in Cyanursäure überzuführen. Die Dimethylcyanursäure lässt sich aus Wasser und Alkohol umkrystallisiren, in Äther ist sie unlöslich. In Ammoniak, selbst verdünntem, löst sie sich leicht (Unterschied von Cyanursäure), aus der Lösung wird sie durch Säuren

wieder krystallinisch gefällt. Die ammoniakalische Lösung giebt beim Eindampfen mit Kupfersulfat ein rosarothes Salz, dem entsprechenden Salze der Cyanursäure ähnlich, aber minder schön.

Die Analyse der bei 100° getrockneten Säure führte zu der aus der Analyse des Natriumsalzes erschlossenen Zusammensetzung

$$(C\equiv N)_3(OCH_3)_2OH = C_5H_7N_3O_3.$$

	Theorie		Versuch	
C_5	60	38.22	38.19	—
H_7	7	4.46	4.62	—
N_3	42	26.75	—	26.91
O_3	48	30.57	—	—
	157	100.00.		

Um noch weitere Anhaltspunkte über die Zusammensetzung der Dimethylcyanursäure zu gewinnen, wurde die Darstellung ihres Silbersalzes versucht. Aber auf Zusatz von Silbernitrat zu der Lösung sowohl des Ammonium- als des Natriumsalzes wurde nur ein gelatinöser Niederschlag erhalten, der nicht zur Untersuchung einlud.

Obwohl die Analyse keinen Zweifel lassen konnte, dass hier eine reine Substanz vorlag, so zeigte doch die Säure keinen glatten Schmelzpunkt. Je nachdem man langsamer oder schneller erhitzt, schmilzt die Dimethylcyanursäure zwischen 160 und 180°. Die Säure erleidet hierbei aber bereits eine Zersetzung. Beim starken Erhitzen stösst die Dimethylcyanursäure brennbare Dämpfe aus (Unterschied von Cyanursäure).

Noch soll nicht unerwähnt bleiben, dass sich die Dimethylcyanursäure aus dem normalen Trimethyläther auch durch Kochen mit Barytwasser erhalten lässt.

Die Dimethylcyanursäure kann ferner aus dem normalen Trimethylsulfocyanurat gewonnen werden. Man verfährt in diesem Falle etwas anders, als bei der Darstellung aus der entsprechenden Sauerstoffverbindung. Eine Lösung von 3^g Trimethylsulfocyanurat (1 Mol.) in 15^g Methylalkohol, in welchen man vorher 1.3^g Natrium (4 At.) eingetragen hat, wird eine viertel Stunde auf dem Wasserbade digerirt. Auch in diesem Falle muss die Anwendung des Äthylalkohols sorgfältig ausgeschlossen bleiben. Beim Erkalten erstarrt die Flüssigkeit zu einer Masse verfilzter Nadeln von dimethylcyanursaurem Natrium. Hat man weniger Natrium angewendet, als den oben angegebenen Verhältnissen entspricht, so ist diesem Salze unangegriffenes Trimethylsulfocyanurat beigemischt. In diesem Processe wird Natriummethylmercaptan in grosser Menge als Nebenproduct erhalten, aber es entwickelt sich auch etwas freies Methylmercaptan. Bei dem Übergange

des Trimethylsulfocyanurats in Dimethylcyanursäure müssen offenbar zwei auf einander folgende Processe unterschieden werden, zunächst die Umwandlung der Schwefelverbindung in die entsprechende Sauerstoffverbindung und dann die Ausscheidung einer Methylgruppe in der Form wahrscheinlich von Methyläther. Im Sinne dieser Auffassung wurde begreiflich versucht, das in erster Linie gebildete Trimethylcyanurat zu isoliren; es ist dies aber trotz häufiger Anläufe nicht gelungen. Stets wird alsbald das mehrfach genannte Natriumsalz der Dimethylcyanursäure beobachtet. Da der sulfocyanursaure Trimethyläther leichter zugänglich ist als die Sauerstoffverbindung, so ist die letztere, wenn es sich um die Darstellung der Dimethylcyanursäure handelt, vielleicht vorzuziehen.

Endlich verdient noch bemerkt zu werden, dass die Dimethylcyanursäure gelegentlich in nicht unerheblicher Menge bei der Darstellung des Trimethyläthers aus Natriummethylat und Cyanurchlorid erhalten wird. Man beobachtet dieselbe zumal bei Anwendung unreinen Cyanurchlorids, insofern alsdann die auf reines Cyanurchlorid berechnete Menge Natriummethylat von dem Chlor nicht vollständig verbraucht wird.

Die Dimethylcyanursäure wurde oben als die normale angesprochen, schon weil sie sich aus dem normalen Trimethyläther bildet. Sie unterscheidet sich in ihrer Eigenschaft sehr wesentlich von der isomeren

Dimethylisocyanursäure.

Diese Säure ist bereits bekannt. Ich habe sie selber vor einigen Jahren gelegentlich meiner Arbeit über die Einwirkung des Broms in alkalischer Lösung auf das Acetamid aufgefunden.[1] Sie entsteht neben Methylcyanat und Trimethylcyanurat bei der Einwirkung der Wärme auf den Methylacetylharnstoff. Die Säure schmilzt glatt bei 222°. Sie bildet ein schwerlösliches, gut krystallisirtes Silbersalz und liefert mit Kupfersulfat ein rosarothes Salz, das an Schönheit der entsprechenden Verbindung der Cyanursäure kaum nachsteht. Es sind dies schon unverkennbare Unterscheidungsmerkmale, aber durchschlagend wieder ist das Verhalten zu den Alkalien: während die normale Dimethylcyanursäure bei Behandlung mit denselben Methylalkohol und Cyanursäure liefert, verwandelt sich die isomere Säure in Kohlensäure, Methylamin und Ammoniak.

Ich war begreiflicher Weise begierig zu erfahren, ob sich die normale Dimethylcyanursäure bei der Einwirkung der Wärme in die

[1] HOFMANN, Sitzungsberichte 1882. 242.

Isosäure verwandele. In der That geht die normale dimethylirte Säure, wie dies schon früher flüchtig angedeutet worden ist, sehr leicht — noch leichter als die trimethylirte — in die Isoverbindung über.[1] Wird die normale Dimethylcyanursäure — am besten im Ölbade — langsam erwärmt, so beginnt sie sehr allmählich bei 165 bis 170° zu erweichen. Noch ein Paar Grade höher erhitzt, schmilzt die ganze Masse plötzlich zu einer Flüssigkeit, welche unter Entwickelung von Cyanatgeruch einige Augenblicke in lebhaftes Sieden geräth. Die Wärme, deren Freiwerden diese Erscheinung bedingt, ist eine sehr erhebliche; als der Versuch mit $2^1/_2{}^g$ der Säure angestellt wurde, stieg der Quecksilberfaden des in die Flüssigkeit eintauchenden Thermometers in wenigen Secunden von 170 auf 320°. Beim Erkalten erstarrte die geschmolzene Substanz zu einer steinharten, krystallinischen Masse. Wird diese Masse gepulvert und mit kalter Ammoniakflüssigkeit übergossen, so löst sich der grössere Theil auf, der kleinere bleibt ungelöst; letzterer zeigt nach dem Umkrystallisiren aus siedendem Wasser den Schmelzpunkt 175° und giebt sich unzweifelhaft als trimethylirten Isoäther zu erkennen. Aus der ammoniakalischen Lösung werden durch eine Säure glänzende Blättchen gefällt, welche nach mehrfachem Umkrystallisiren aus Alkohol bei 222° schmelzen und sämmtlich oben angegebene Eigenschaften der Dimethylisocyanursäure besitzen. Wahrscheinlich geht die Reaction in der Weise von statten, dass sich zunächst die normale in die Isosäure verwandelt, welche unter dem Einflusse der Wärme theilweise in Cyansäure (?) und Methylcyanat übergeht, welch letzteres sich zu Methylisocyanurat polymerisirt.

Ich habe aus Gründen, welche in einer anderen Abhandlung dargelegt sind, bei dieser Gelegenheit noch einige weitere Versuche über die Darstellung der Dimethylisocyanursäure angestellt.

Die Säure bildet sich auch bei der Einwirkung von Jodmethyl auf cyanursaures Silber und ferner bei der Behandlung des trimethylirten Isoäthers mit kräftigen Oxydationsmitteln. Beide Processe, auf welche ich weiter unten nochmals zurückkommen werde, liefern aber nur ganz minimale Mengen der Verbindung. Bessere Aussicht für eine ergiebigere Darstellungsweise der Dimethylcyanursäuren schien die Destillation des Monomethylharnstoffs zu bieten.

Schon vor längerer Zeit hat Weltzien[2] angegeben, dass sich der Diäthylharnstoff bei der Destillation in Ammoniak, Äthylamin und Triäthylisocyanurat zerlege. Wurtz[3] fand, dass sich in dieser

---

[1] Hofmann, Sitzungsberichte 1885. 995.
[2] Weltzien, Lieb. Ann. C, 191.
[3] Wurtz, Ann. ch. phys. [3] L, 720.

Reaction eine Diäthylcyanursäure bilde, welche im Lichte unserer heutigen Erkenntniss betrachtet, unzweideutig als die Isoverbindung erscheint. Es konnte nicht bezweifelt werden, dass sich die analoge Reaction auch in der Methylreihe vollziehen werde. Der Versuch hat diese Voraussetzung bestätigt, allein es ergab sich leider auch alsbald, dass der Process ein ziemlich complexer ist und dass sich niemals auch nur annähernd die von der Theorie angedeutete Menge Säure bildet. Der Monomethylharnstoff, welcher zur Verwendung kam, war theilweise durch Behandlung von Methylacetylharnstoff mit Salpetersäure[1] theilweise durch Umsetzung von Methylaminchlorhydrat mit Kaliumcyanat erhalten worden. Je nach der Art des Erwärmens ist die Ausbeute an Säure eine etwas verschiedene. Am vortheilhaftesten erschien es, den Harnstoff in einer tubulirten Retorte langsam zu erhitzen; es entwickeln sich alkalische Dämpfe (Ammoniak und Methylamin) in reichlicher Menge, während ein zähes Liquidum übergeht, welches in der Vorlage, zum grossen Theil aber schon im Retortenhalse krystallinisch erstarrt. Man erhitzt, bis eine der Retorte entnommene Probe gleichfalls erstarrt.

Der Retorteninhalt zusammen mit dem Destillationsproducte wird durch mehrfaches Umkrystallisiren aus Alkohol gereinigt. Man erhält alsbald die Säure vom Schmelzpunkt 222°. Die Ausbeute beträgt aber in den günstigsten Operationen nur etwa 30 bis 40 Procent derjenigen, welche man nach der Gleichung

$$3\,[CH_3(CH_3)N_2O] = C_3H(CH_3)_2N_3O_3 + NHCH_3 + 2\,NH_3$$

erhalten sollte. Neben der Dimethylcyanursäure wird auch des Öfteren etwas Trimethylcyanurat gebildet. Immerhin ist die Einwirkung der Wärme auf den Monomethylharnstoff noch die geeignetste Reaction, um sich etwas erheblichere Mengen Dimethylcyanursäure zu verschaffen.

Auf die eine wie auf die andere Weise dargestellt, bildet die Dimethylisocyanursäure farblose Nadeln, über deren Krystallform mir Hr. Dr. FOCK Folgendes mittheilt:

Dimethylisocyanursäure

aus Wasser krystallisirt; Schmelzpunkt 222°.

»Monosymmetrisch.

Die Krystalle bilden dünne Blättchen nach der Basis (c), welche nach der Orthodiagonale verlängert sind. Von den Randflächen war nur eine Querfläche (a) messbar. Es wurde gefunden a : c = 76° 30′.

[1] HOFMANN, Diese Berichte XIV, 2734.

Optische Axenebene = Symmetrieebene.
Erste Mittellinie fast normal zur Basis (c).
Scheinbarer Axenwinkel nach Schätzung circa 80°.«

Dass die Dimethylisocyanursäure ein gut krystallisirtes Silbersalz bildet, habe ich schon früher beobachtet.[1] Dasselbe war aber noch nicht analysirt worden. Im Besitze grösserer Mengen der Säure, habe ich das Salz neuerdings etwas genauer untersucht. Man erhält es leicht durch Fällung des Ammoniaksalzes mit Silbernitrat. Waren die Lösungen warm und nicht zu concentrirt, so fällt das Salz alsbald krystallinisch aus. Es lässt sich aber auch aus siedendem Wasser umkrystallisiren. Bei der Analyse, für welche zum Theil direct gefälltes, zum Theil aus Wasser umkrystallisirtes Salz in Anwendung kam, ergab sich, dass das Salz wasserhaltig ist, und zwar enthält 1 Mol. Silbersalz $^1/_2$ Mol. Wasser[2]. Der Formel

$$C_3Ag(CH_3)_2N_3O_3 + {}^1/_2H_2O$$

entsprechen folgende Werthe:

	Theorie	Versuch		
Silber	39.56	39.62	39.54	39.51
Wasser	3.80	—	3.31	3.37

Das Salz verliert sein Wasser bei 120°. Bei dieser Temperatur getrocknet, hinterliess es beim Verbrennen 40.86 und 40.89 Procent Silber. Die Theorie verlangt 40.91 Procent.

Dimethyläther der normalen Amidocyanursäure.

Diesen Körper hatten wir, Olshausen und ich, bei der Darstellung des Trimethylisocyanurats aus Natriummethylat und Chlorcyan als Nebenproduct erhalten. Er unterscheidet sich sehr wesentlich von dem normalen Trimethylcyanurat durch seine geringere Löslichkeit in Wasser, selbst siedendem, und durch seine Unlöslichkeit in kaltem Äther. Die Verbindung ist ausserdem in Salzsäure weit löslicher als der Trimethyläther. Es ist daher leicht, beide Substanzen, wenn sie neben einander auftreten, zu trennen. Aus siedendem Wasser krystallisirt die Verbindung in wohlausgebildeten rhombischen Blättchen, deren

[1] Hofmann, Berichte chem. Ges. XIV, 2728.

[2] Es verdient daran erinnert zu werden, dass Silbersalze mit $^1/_2$ Mol. Wasser des Öfteren beobachtet worden sind. Die Silberverbindungen des Succinimids und Phtalimids z. B. haben nach Landsberg (Lieb. Ann. CCXV, 184 und 206) die Zusammensetzung:

Silbersuccinimid . . . $C_4H_4O_2NAg + {}^1/_2H_2O$.
Silberpthalimid. . . . $C_8H_4O_2NAg + {}^1/_2H_2O$.

Schmelzpunkt damals zu 212° gefunden wurde. Dieser Körper musste sich offenbar aus dem Äther durch Ammoniak erhalten lassen, und dahin abzielende Versuche hatten auch die Bildung desselben auf diesem Wege unzweifelhaft dargethan; es waren aber stets Nebenproducte entstanden, welche die Reindarstellung der so erhaltenen Verbindung erschwerten. Im Besitze ganz reinen Trimethyläthers habe ich auch diese Amidoverbindung von Neuem dargestellt. Lässt man den Äther mit Ammoniak übergossen einige Tage stehen, so hat sich derselbe vollständig in den Amidoäther verwandelt, welcher nach einmaligem Umkrystallisiren rein ist. Der Schmelzpunkt wurde nunmehr etwas höher gefunden als früher, nämlich bei 217 bis 220°. Da sich aber der Körper durch die Wärme verändert, so ist der Schmelzpunkt nicht mit völliger Sicherheit festzustellen.

Die Bildung des Körpers ist leicht verständlich. Unter dem Einflusse des Ammoniaks hat sich 1 Mol. Methylalkohol von dem Äther getrennt, indem die Amidogruppe für den Alkoholrest eingetreten ist. In der That führte die Analyse zu der Formel

$$(C \equiv N)_3(OCH_3)_2NH_2 = C_5H_8N_4O_2,$$

welche folgende Werthe verlangt:

	Theorie		Versuch	
C_5	60	38.46	38.25	—
H_8	8	5.13	5.17	—
N_4	56	35.89	—	35.39
O_2	32	20.52	—	—
	156	100.00.		

Die Formel wurde überdies bestätigt durch die Analyse eines Silbersalzes, welches man erhält, wenn man die Lösung des Körpers in verdünnter Salpetersäure mit Silbernitrat fällt. Der krystallinische Niederschlag wird beim Umkrystallisiren aus siedendem Wasser in breiten, vierseitigen Platten erhalten, welche eine Verbindung von 1 Mol. Äther mit 1 Mol. Silbernitrat sind. Die Formel

$$(C \equiv N)_3(OCH_3)_2NH_2 . AgNO_3$$

verlangt 33.13 Procent Silber; gefunden wurden 32.91 und 33.10 Procent.

Schon oben wurde die Löslichkeit des Amidoäthers in Salzsäure betont. Er verhält sich in der That in jeder Beziehung wie eine Base. Mit Platinchlorid liefert die concentrirte Lösung in Salzsäure schöne Blättchen eines Platinsalzes, welches in Wasser ziemlich löslich, weniger löslich in Alkohol und Äther ist und mit einer Mischung beider gewaschen werden kann. Die Analyse zeigte die erwartete Zusammensetzung

$$2[(C \equiv N)_3(OCH_3)_2NH_2 . HCl]PtCl_4.$$

Gefunden wurden 27.04 Procent Platin; die Theorie verlangt 26.97 Procent.

Auf Zusatz von Goldchlorid zu der Lösung des salzsauren Salzes entsteht eine ölige Fällung, welche aber bald krystallinisch erstarrt.

Dass sich der Amidoäther bei der Einwirkung der Wärme verändere, wurde bereits erwähnt. Bezüglich der Natur dieser Veränderung konnte man nach den Erfahrungen über den normalen Trimethyläther kaum im Zweifel sein. Die Erscheinungen sind in der That vollkommen analoge. In dem Augenblick, in welchem der Amidoäther geschmolzen ist, beginnt er sich wieder zu trüben, und nun geräth die Masse in's Sieden, um bald darauf zu einer harten, kaum krystallinischen Substanz zu erstarren. Gleichzeitig wird, genau wie bei der entsprechenden Veränderung des Trimethyläthers, eine heftige Wärmeentwickelung beobachtet; bei Anwendung von nicht mehr als einem halben Gramm stieg die Temperatur von 220 auf 290°. Das Umbildungsproduct ist offenbar eine mit dem normalen Amidomethyläther isomere Isoverbindung. Sie ist nicht mehr analysirt worden. Aber das Verhalten des Körpers vor und nach dem Schmelzen ist charakteristisch genug. Vor dem Schmelzen zerlegt sich der in heissem Wasser lösliche Körper schon beim Kochen mit Salzsäure in Chlormethyl, Ammoniak und Cyanursäure. Nach dem Schmelzen ist er in den gewöhnlichen Lösungsmitteln unlöslich geworden und kann, mit Salzsäure eingeschlossen, stundenlang auf 100° erhitzt werden, ohne sich zu verändern. Beim Erhitzen desselben mit Natriumhydrat entsteht Ammoniak, Methylamin und Carbonat.

Wird der normale Trimethylcyanursäureäther mit wässerigem oder alkoholischem Ammoniak bei 100° oder höheren Temperaturen unter Druck digerirt, so bilden sich Mischungen verschiedener Substanzen, unter denen sich Melamin unzweifelhaft nachweisen lässt. Allein es ist schwer, den Process in der Melaminphase festzuhalten. In der Regel geht die Reaction schon über diese Phase hinaus, indem sich Ammelin und Ammelid erzeugen. In einzelnen Versuchen gelang es in der That die beiden genannten Verbindungen nahezu gesondert zu erhalten; bei der Analyse wurden aber doch nur Annäherungswerthe gefunden.

Versuche in der Äthylreihe.

Normales Triäthylcyanurat

ist von Mulder, Claesson und Ponomareff eingehend studirt worden. Den Angaben dieser Forscher habe ich nur wenig hinzuzufügen.

Ich habe den Körper ebenfalls dargestellt, zunächst mit Hülfe des Cyanurchlorids. Man verfährt genau so, wie bei der Darstellung der entsprechenden Methylverbindung (S. 903). 9^g Natrium werden

in absolutem Äthylalkohol gelöst und dem gebildeten Natriumäthylat nach und nach 25^g Cyanurchlorid hinzugesetzt. Bei diesen Verhältnissen ist ein kleiner Überschuss von Chlorid vorhanden, und die Flüssigkeit zeigt nach der Umsetzung eine schwach saure Reaction. Nach dem Abfiltriren des ausgeschiedenen Kochsalzes wird der Alkohol verdampft, worauf der Triäthyläther als langsam erstarrendes Öl zurückbleibt, welches nur noch mit Wasser gewaschen zu werden braucht. Die Ausbeute beträgt etwa 93 Procent der theoretischen. Das normale Triäthylcyanurat ist wegen seines niedrigen Schmelzpunktes nicht so leicht rein zu erhalten als der Methyläther. Im Zustande der Reinheit stellt der Äther eine in Nadeln krystallisirende Substanz dar, deren Schmelzpunkt bei 29 bis 30° liegt. MULDER hatte den Schmelzpunkt bei 29°, PONOMAREFF bei 28° beobachtet. Der normale Triäthyläther ist weit weniger empfindlich gegen die Wärme als die entsprechende Methylverbindung, er siedet bei 235° unverändert. Nur wenn man ihn längere Zeit am Rückflusskühler im Sieden erhält, geht er langsam in die Isoverbindung über. Nach zwei Stunden ist die Umwandlung vollständig und der Körper, welcher ursprünglich bei 30° schmolz und sich schon bei gelindem Erwärmen mit Alkali oder Säure in Cyanursäure und Alkohol spaltete, zeigt jetzt den Schmelzpunkt 95° und zerlegt sich erst beim Schmelzen mit Alkali in Kohlensäure und Äthylamin. Letzteres wurde in der Form des Platinsalzes identificirt. Gefunden wurden 39.95 Procent Platin; die Theorie verlangt ebensoviel.

Ich habe die Bildung des normalen Triäthylcyanurats noch mehrfach unter bemerkenswerthen Bedingungen beobachtet.

Wird der normale Trimethyläther mit einer aequivalenten Menge von Natriumäthylat (auf 10^g Äther 4^g Natrium in 50 bis 60^g absolutem Alkohol gelöst) etwa eine viertel Stunde im Sieden erhalten, so ist er vollständig in die Äthylverbindung übergeführt, welche beim schnellen Verdampfen unter möglichster Vermeidung höherer Temperatur als eine bei 30° schmelzende Krystallmasse gewonnen wird. Diese Umwandlung einer Methylverbindung in eine Äthylverbindung durch Behandlung derselben mit Natriumäthylat erinnert an die Beobachtung einer umgekehrten Reaction von Purdie[1], welcher den Fumarsäureäthyläther durch Behandlung mit Natriummethylat bei Gegenwart von Methylalkohol in den Methyläther der Fumarsäure übergehen sah.

Eine ähnliche Verdrängung der Methyl- durch die Äthylgruppe beobachtet man auch bei der Einwirkung des Natriumäthylats auf den normalen Methyläther der Sulfocyanursäure.

[1] PURDIE, Berichte chem. Ges. (R.) XVIII, 536.

Es wurde bereits oben erwähnt (vergl. S. 908), dass dieser Körper bei der Behandlung mit Natriummethylat seinen Schwefel gegen Sauerstoff austauscht, indem sich allerdings nicht der normale Trimethyläther, wohl aber die normale Dimethylcyanursäure bildet. Nachdem man beobachtet hatte, dass sich der normale Methyläther durch die Einwirkung von Natriumäthylat in den normalen Äthyläther verwandelt, konnte man kaum bezweifeln, dass sich das normale Trimethylsulfocyanurat mittelst Natriumäthylat direct in das normale Äthylcyanurat oder wenigstens in die normale Diäthylcyanursäure werde verwandeln lassen. Der Versuch hat denn auch diese Voraussetzung in erwünschter Weise bestätigt.

Kocht man aequivalente Mengen von Trimethylsulfocyanurat (1 Mol.) und Natriumäthylat (3 At.) mit überschüssigem Äthylalkohol 10 Minuten am Rückflusskühler, so hat sich der Methyläther vollständig gelöst, und man erhält nunmehr nach dem Abblasen des Alkohols bei möglichst niedriger Temperatur alsbald das bei 30° schmelzende normale Triäthylcyanurat. Das abgeschiedene Methylmercaptan bleibt als Natriumsalz im Wasser gelöst.

Beim Studium der Umwandlung des normalen Triäthyläthers in den Isoäther sind mehrfach schöne Krystalle des letzteren erhalten worden, welche Hr. Dr. Fock gemessen hat. Hier die Beschreibung, welche ich seiner Güte verdanke.

Isotriäthylcyanurat.

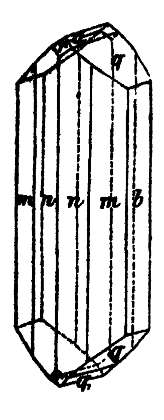
Aus Alkohol krystallisirt. Schmelzpunkt 95°.

»Rhombisch:

$$a : b : c = 0.9719 : 1 : 0.9325.$$

Beobachtete Formen: $b = \infty \breve{P} \infty$ (010), $m = \infty P$ (110), $n = \infty \bar{P} 2$ (210), $q = \breve{P} \infty$ (011), $q_1 = \frac{1}{2} \breve{P} \infty$ (012), $r = \bar{P} \infty$ (101).

Kleine, farblose Krystalle von prismatischem Habitus und mit gut spiegelnden Flächen.



		beobachtet	berechnet
$m : m$	= 110 : 1$\bar{1}$0	= 88° 22′	—
$q : q$	= 011 : 0$\bar{1}$1	= 86° —′	—
$n : n$	= 210 : 2$\bar{1}$0	= 51° 47′	51° 50′
$q_1 : q_1$	= 012 : 0$\bar{1}$2	= 49° 54′	50° —′
$r : r$	= 101 : $\bar{1}$01	= 87° 37′	87° 38′
$q : m$	= 011 : 110	= 61° 35′	61° 37′
$q : n$	= 011 : 210	= 72° 31′	72° 16′
$q_1 : m$	= 012 : 110	= 73° 15′	73° 15′
$q_1 : n$	= 012 : 210	= 79° 26′	79° 21′
$r : m$	= 101 : 110	= 60° 24′	60° 14′
$r : n$	= 101 : 210	= 51° 36′	51° 29′

Spaltbarkeit vollkommen nach b (010).
Optische Axenebene = Basis (001).
Erste Mittellinie = Axe b.
2 E = circa 60°.
Dispersion $\rho > v$.
Die Substanz ist schon früher von NICKLÈS[1] und von RAMMELSBERG[2] beschrieben worden.«

Normale Diäthylcyanursäure.

Sie ist bereits von MULDER und PONOMAREFF erhalten worden, welche sie durch Behandlung des Triäthyläthers beziehungsweise mit Natriumhydroxyd oder Barytwasser dargestellt haben. Ich habe mich ebenfalls mit dieser Substanz beschäftigt. Für meine Versuche wurde sie mehrfach durch längeres Kochen des normalen Äthers mit Barytwasser, Entfernung des überschüssigen Baryts mit Kohlensäure und Zerlegung des Barytsalzes mit Salzsäure dargestellt. Ich fand es indessen bequemer, sie aus dem normalen Trimethylcyanurat oder der entsprechenden Schwefelverbindung durch Behandlung mit Natriumäthylat zu gewinnen.

Verdampft man bei der eben beschriebenen Umwandlung des normalen Methylcyanurats oder der entsprechenden Schwefelverbindung in den Triäthyläther die Lösung des Reactionsproductes auf dem Wasserbade oder nimmt man statt der oben angegebenen Verhältnisse etwas mehr Natrium, so scheidet sich auf Zusatz von Wasser kein Triäthyläther mehr aus; dieser hat eine Äthylgruppe verloren, und ist in die normale Diäthylcyanursäure übergegangen, welche in Form des Natriumsalzes in der Flüssigkeit gelöst ist. Auf Zusatz von verdünnter Schwefelsäure oder Essigsäure fällt die Säure aus; sie ist ziemlich löslich in Wasser, schwerer löslich in Alkohol, noch schwerer in Äther. Aus Wasser krystallisirt sie in dicken Tafeln. Sie ist schon in der Kälte leicht löslich in Ammoniak und Natriumhydroxyd und wird aus diesen Lösungen durch Säuren unverändert gefällt. Durch Kochen mit Natriumhydroxyd, ebenso mit Säuren, wird sie in Alkohol und Cyanursäure verwandelt. Bei der Analyse wurden Zahlen erhalten, welche der Formel

$$(C\equiv\equiv N)_3(OC_2H_5)_2OH = C_7H_{11}N_3O_3$$

entstprechen. Diese Formel verlangt 45.40 Procent Kohlenstoff und

[1] NICKLÈS, Compt. rend. des travaux de chimie par LAURENT et GERHARDT 1849, 353.
[2] RAMMELSBERG, Handbuch der krystallographischen Chemie II, 252.

5.94 Procent Wasserstoff; gefunden wurden 44.93 Kohlenstoff und 6.01 Wasserstoff.

Das Silbersalz der normalen Diäthylcyanursäure ist ein gelatinöser Niederschlag. Durch ammoniakalische Kupferlösung entsteht ein rosafarbiges Kupfersalz, minder leicht und minder schön, als das der Cyanursäure. In dieser Beziehung weicht meine Beobachtung von derjenigen Mulder's ab, nach welcher ein solches Salz nicht gebildet werden soll.

Dagegen ist es auch mir wie dem letztgenannten Forscher nicht gelungen, die Diäthylcyanursäure von constant bleibendem Schmelzpunkt zu erhalten. Wie oft die Säure umkrystallisirt wurde, der Schmelzpunkt variirte zwischen 160 und 180°. Nach den in der Methylreihe gesammelten Erfahrungen, hat diese Erscheinung nichts Befremdliches. Die normale Diäthylcyanursäure zerlegt sich unter dem Einfluss der Wärme. Was die Erscheinungen, unter denen diese Zerlegung stattfindet, und die Producte anlangt, welche sich in derselben bilden, so darf ich auf das verweisen, was ich über die analoge Reaction in der Methylreihe gesagt habe. (Vergl. S. 910.) Auch in diesem Falle geht die normale Säure fast vollständig in die Isosäure über, indem gleichzeitig eine kleine Menge Triäthylisoäther und etwas Äthylcyanat entstehen. Die Diäthylisocyanursäure ist dieselbe, welche man aus den Versuchen von Habich und Limpricht, sowie von Wurtz bereits kennt. Die neben einander entstehenden Producte wurden durch Behandlung mit Ammoniak getrennt. Der unlösliche Theil gab sich durch die Bestimmung des Schmelzpunktes (95°) als Triäthylisoäther zu erkennen. Die Säure, welche aus der Ammoniaklösung durch Essigsäure in krystallinischen Blättchen gefällt wurde, zeigte den Schmelzpunkt 173°, denselben, welchen Habich und Limpricht ihrer Säure beilegen. Die Isosäure ist etwas schwerer löslich als die normale Säure; sie bildet ein rosarothes Cuprammoniumsalz fast ebenso leicht wie die Cyanursäure. Das Silbersalz ist krystallinisch. Beim Schmelzen mit Alkali entstehen Kohlensäure und Äthylamin. Dies sind aber die Eigenschaften der Diäthylisocyanursäure, wie sie von Habich und Limpricht beschrieben werden.

Ich habe indessen, um in dieser Beziehung sicher zu gehen, die Diäthylisocyanursäure nochmals dargestellt, und zwar nach dem von Wurtz[1] angegebenen Verfahren durch Destillation des Monoäthylharnstoffs, welche genau so ausgeführt wurde, wie die des Monomethylharnstoffs (vergl. S. 911). Die aus der normalen Diäthylcyanursäure entstehende Isosäure ist mit der so gewonnenen unzweifelhaft identisch.

Die Krystalle derselben sind von Hrn. Dr. Fock gemessen worden.

[1] Wurtz, a. a. O. S. 2070.

Isodiäthylcyanursäure.

Aus Wasser krystallisirt. Schmelzpunkt 173°.

»Hexagonal-rhomboëdrisch-tetartoëdrisch:

$$a : c = 1 : 0.6271.$$

Beobachtete Formen:

$m = \infty P 2\ (11\bar{2}0)$, $r = \varkappa\pi\ (10\bar{1}1)$, $\varsigma = 2R^{4}/_{5}\varkappa\pi\ (10.\bar{9}.\bar{1}.4)$.

Die Krystalle bilden sehr kleine Nadeln, von denen einzelne an beiden Enden Flächen zeigten, so dass hinsichtlich der Art der Tetartoëdrie kein Zweifel aufkommen kann. Das primäre Rhomboeder wurde nur an einem Individuum beobachtet.

	beobachtet	berechnet
$\varsigma : \varsigma = \varkappa\pi(1.9.\bar{1}\bar{0}.4) : \varkappa\pi(10.\bar{9}.\bar{1}.4)$	$= 81°31'$	—
$m : \varsigma = \varkappa\pi(1120) : \varkappa\pi(1.9.\bar{1}\bar{0}.4)$	$= 42°10'$	$42°15'$
$m : \varsigma = \varkappa\pi(2\bar{1}\bar{1}0) : \varkappa\pi(1.9.\bar{1}\bar{0}.4)$	$= 75°40'$	$75°43'$
$m : \varsigma = \varkappa\pi(\bar{1}2\bar{1}0) : \varkappa\pi(1.9.\bar{1}\bar{0}.4)$	$= 60°29'$	$60°26'$

Spaltbarkeit nicht beobachtet.

Optische Untersuchung wegen der Unvollkommenheit des Materiales nicht durchführbar.«

Diäthyläther der normalen Amidocyanursäure.

Wie bereits oben bemerkt worden ist, hatten wir, OLSHAUSEN und ich, in unseren Versuchen, bei denen nur das gasförmige Chlorcyan zur Verwendung kam, den leicht schmelzbaren normalen Triäthyläther nicht erhalten. Dagegen war als constantes Zersetzungsproduct — offenbar durch nicht vollkommenen Ausschluss von Wasser bedingt — die diäthylirte Amidocyanursäure aufgetreten. Diese Verbindung wurde besonders leicht erhalten, wenn das Rohproduct der Reaction (unreines normales Triäthylcyanurat) einige Stunden mit Ammoniak in Berührung blieb. Der Körper stellte zarte weisse Prismen dar, welche bei 97° schmelzen. Dieser Schmelzpunkt erhielt sich auch bei mehrfachem Umkrystallisiren aus siedendem Wasser constant. Die Analyse der Verbindung, welche auch in Alkohol und selbst in warmem Äther löslich ist, führte zu der Formel

$$(C\equiv N)_3(OC_2H_5)_2NH_2 = C_7H_{12}N_4O_2,$$

für welche man durch die Untersuchung der entsprechenden Methylverbindung vorbereitet war. Diese Formel verlangt folgende Werthe:

	Theorie		Versuch		
C_7	84	45.65	45.59	45.57	—
H_{12}	12	6.52	6.77	6.86	—
N_4	56	30.43	—	—	30.11
O_2	32	17.40	—	—	—
	184	100.00.			

Das Amidodiäthylcyanurat verhält sich in jeder Beziehung analog der entsprechenden Methylverbindung, auf deren Beschreibung ich verweisen darf (vergl. S. 914). Ich will nur noch die Analyse einiger Silbersalze anführen, die in ihrer Ausführlichkeit allerdings aus einer Periode stammen, in der man in die hier vorliegende Körpergruppe noch nicht den sicheren Einblick hatte, welcher heute erlangt ist.

Versucht man es, den Amidoäther in eine Silberverbindung überzuführen, so erkennt man alsbald, dass sich je nach den Umständen verschiedene Silbersalze bilden: sämmtliche Additionsproducte des Äthers mit Silbernitrat. Fällt man die wässerige Lösung des Amidoäthers mit Silbernitrat, löst die krystallinische Fällung in Alkohol und schlägt sie aus dieser Lösung mit Äther wieder nieder, so erhält man eine bei 175 bis 177° schmelzende Verbindung von 1 Mol. Äther und 1 Mol. Silbernitrat.

Der Formel

$$(C\equiv N)_3(OC_2H_5)_2NH_2 . AgNO_3 = C_7H_{12}N_5O_5Ag$$

entsprechen folgende Werthe

	Theorie		Versuch		
C_7	84	23.73	23.57	—	
H_{12}	12	3.39	3.55	—	
N_5	70	19.77	—	—	
O_5	80	22.60	—	—	
Ag	108	30.51	—	30.60	30.57
	354	100.00.			

Fällt man dagegen die Lösung des Amidoäthers in Salpetersäure mit Silbernitrat, so erhält man einen bald krystallinisch werdenden Niederschlag, welcher aus Wasser umkrystallisirt werden kann. Er schmilzt schon in der Nähe von 100°. Das Salz ist eine Verbindung von 2 Mol. Äther mit 1 Mol. Silbernitrat.

Die Formel:

$$2[(C\equiv N)_3(OC_2H_5)_2NH_2]AgNO_3$$

verlangt 20.07 Procent Silber und 23.42 Procent Stickstoff; gefunden wurden 20.57 Procent Silber und 23.7 Procent Stickstoff.

Äthyläther der normalen Diamidocyanursäure.

Wird der Diäthyläther der Amidocyanursäure lange Zeit unter Druck mit Ammoniak digerirt, so erleidet er dieselben Umbildungen wie die entsprechende Methylverbindung: wieder werden schliesslich Melamin und selbst weitere Abkömmlinge desselben gebildet. Zwischen dem Diäthyläther der Amidocyanursäure und dem Melamin liegt aber noch ein Zwischenproduct, der Äthyläther einer Diamidocyanursäure,

$$(C\equiv N)_3(OC_2H_5)_2NH_2, \quad (C\equiv N)_3(OC_2H_5)(NH_2)_2, \quad (C\equiv N)_3(NH_2)_3,$$

welches bei diesen Versuchen ebenfalls erhalten worden ist. Eine Lösung des Diäthyläthers war längere Zeit mit concentrirter Ammoniakflüssigkeit stehen geblieben; es hatten sich Krystalle abgesetzt, welche, wie der Schmelzpunkt, der um etwa 100° gestiegen war, alsbald zeigte, kein Diäthyläther mehr sein konnten. Die Krystalle schmolzen zwischen 190 und 200°; auch nach mehrmaligem Umkrystallisiren aus Alkohol konnte kein anderer Schmelzpunkt erzielt werden. Man hatte es also wieder mit einer nicht ganz rein schmelzenden Substanz zu thun. Sie wurde nichts desto weniger analysirt. Obwohl der Stickstoff etwas hoch gefunden wurde, so weist doch das Ergebniss der Analyse unzweideutig auf den Äthyläther einer Diamidocyanursäure hin. Der Formel

$$(C\equiv N)_3(OC_2H_5)(NH_2)_2 = C_5H_9N_5O$$

entsprechen folgende Werthe:

	Theorie		Versuch	
C_5	60	38.71	39.06	—
H_9	9	5.81	6.01	—
N_5	70	45.16	—	46.69
O	16	10.32	—	—
	155	100.00		

Die salpetersaure Lösung der Verbindung giebt mit Silbernitrat eine in feinen Nadeln krystallisirende Verbindung; sie ist nicht weiter untersucht worden, dagegen wurde noch ein Platinsalz analysirt, welches sich gebildet, als man die salzsaure Lösung der Verbindung mit Platinchlorid über Schwefelsäure hatte verdunsten lassen. Die krystallinische Verbindung wurde durch Wasser augenblicklich zerlegt, liess sich aber mit Alkohol waschen. Die Analyse führte zu der Formel

$$2[(C\equiv N)_3(OC_2H_5)(HN_2)_2HCl]PtCl_4,$$

welche 27.05 Procent Platin verlangt; gefunden wurden 26.90 und 26.97 Procent.

Mit den Cyanuraten der übrigen Reihen habe ich kaum gearbeitet; ich will nur noch kurz einige Beobachtungen anführen, welche in der Propyl-. Amyl- und schliesslich in der Phenylreihe angestellt worden sind.

Versuche in der Propylreihe.

Beim Eintragen von Cyanurchlorid in eine propylalkoholische Lösung von Natriumpropylat wiederholen sich die Erscheinungen, welche in der Methyl- und Aethylreihe wahrgenommen werden. Versetzt man das Reactionsproduct nach dem Erkalten mit Wasser, so scheidet sich ein schweres Öl aus, welches bei einer Temperatur von 0° zu einer krystallinischen Masse erstarrt. Die Krystalle, welche schon bei mittlerer Temperatur wieder schmelzen, sind das normale Propylcyanurat. Beim Kochen mit Salzsäure lieferten sie Propylchlorid und Cyanursäure.

Der Körper lässt sich unter gewöhnlichem Druck nicht unzersetzt destilliren; es entwickelt sich viel Cyanat und das beständig steigende Thermometer zeigt eine tiefgreifende Veränderung an. Vermindert man aber den Druck auf 76^{mm}, so destillirt das Cyanurat bei 220° ohne wesentliche Zersetzung, wenigstens erstarrt die dicke Flüssigkeit nach wie vor in Eiswasser zu Krystallen. Erhitzt man das normale Cyanurat längere Zeit am Rückflusskühler, so wird es unter Entwickelung von Cyanatgeruch schliesslich in eine harzige, nicht mehr zum Krystallisiren zu bringende Masse verwandelt. Dass hier die Umwandlung in die Isoverbindung erfolgt ist, lässt sich leicht nachweisen. Diese Masse kann mit Säuren und Alkalien behandelt werden, ohne in Cyanursäure überzugehen. Mit Alkali geschmolzen liefert sie Propylamin, welches durch eine Platinbestimmung identificirt wurde. Das Platinsalz enthält 36.88 Procent Platin, gefunden wurden 36.97 Procent.

Versuche in der Amylreihe.

Die Amylkörper sind auch nicht mehr näher untersucht worden. Ich habe dem, was wir, Olshausen und ich, früher beobachtet haben, nur hinzuzufügen, dass sich die Reaction ungleich leichter vollzieht, wenn man statt mit Cyanchlorid, welches in unseren Versuchen zur Anwendung gelangte, den Versuch mit Cyanurchlorid anstellt. Die Reaction zwischen Natriumamylat und Cyanurchlorid findet unter lebhafter Wärmeentwickelung statt. Auf Wasserzusatz scheidet sich der normale cyanursaure Amyläther als schweres Öl aus, welches nicht

zur Krystallisation zu bringen war. Wie die entsprechende Propylverbindung lässt sich dieser Äther nicht ohne tiefgreifende Zersetzung destilliren, wobei sich der stechende Geruch nach Amylcyanat entwickelt.

Es kann nicht bezweifelt werden, dass sich hierbei der normale Äther, theilweise wenigstens, in die Isoverbindung verwandelt. Es sind aber keine besonderen Versuche mehr in dieser Richtung angestellt worden.

Versuche in der Phenylreihe.

Die Versuche führten genau zu demselben Ergebnisse, welches wir, OLSHAUSEN und ich, bei unseren Versuchen über die Einwirkung von Cyanchlorid auf Natriumphenylat erhalten hatten. Nur erfolgt die Reaction bei Anwendung von Cyanurchlorid mit grösserer Energie, so dass sich das Phenol durch die bei dem Eintragen des Cyanurchlorids entwickelte Wärme flüssig erhält Nach vollendeter Einwirkung behandelt man das Reactionsproduct zunächst zur Entfernung des Kochsalzes mit Wasser, dann mit Alkali, in dem sich das überschüssige Phenol auflöst. Es bleibt eine krystallinische Materie zurück, welche man nur mit Wasser zu waschen, und aus heissem Eisessig, in dem sie ziemlich leicht, oder aus heissem Alkohol, in dem sie schwer löslich ist, umzukrystallisiren braucht.

So gewonnen, stellt das normale Triphenylcyanurat verfilzte, seidenglänzende Nadeln dar, welche den Schmelzpunkt 224°, den wir auch früher beobachtet haben, zeigen. Der Körper wurde überdies durch die Analyse identificirt. Der Formel

$$(C\equiv N)_3(OC_6H_5)_3 = C_{21}H_{15}N_3O_3$$

entsprechen folgende Werthe:

	Theorie		Versuch
C_{21}	252	70.58	69.99
H_{15}	15	4.20	4.47
N_3	42	11.76	—
O_3	48	13.46	—
	357	100.00.	

Das normale Phenylcyanurat ist eine sehr stabile Verbindung. Bei der Destillation entwickelt sich zwar lebhaft der Geruch nach Phenylcyanat, aber die grössere Menge des normalen Äthers geht unzersetzt über. Es ist mir bisher nicht gelungen, diesen Körper durch die Einwirkung der Wärme in das isomere Isocyanurat vom

Schmelzpunkt 270° zu verwandeln, welches ich ursprünglich[1] aus Triphenylisomelamin und noch neuerdings[2] durch Polymerisation des Phenylcyanats mittels Natriumacetat erhalten habe. Auch der Behandlung mit Säuren und Alkalien setzt es grossen Widerstand entgegen. Man kann es mit diesen Agentien längere Zeit kochen, ohne dass eine Veränderung beobachtet wird. Ich habe mich vergeblich bemüht, eine Diphenylcyanursäure aus demselben darzustellen. Mit Salzsäure unter Druck auf 180° erhitzt, zerfällt das Triphenylisocyanurat in Phenol und Cyanursäure.

Bei Anstellung der vorstehend beschriebenen Versuche, welche geraume Zeit in Anspruch genommen haben, bin ich von den HH. Dr. O. Rhousopoulos und Dr. E. A. Wülfing auf's Eifrigste unterstützt worden. Es ist mir ebenso Pflicht wie Bedürfniss, diesen geschickten jungen Chemikern für ihre verständnissvolle Mitwirkung bei dieser Arbeit meinen lebhaften Dank auszusprechen.

[1] Hofmann, Monatsberichte 1870. 197.
[2] Derselbe, Berichte chem. Ges. XVIII, 764.

Nachträgliches über das chlorirte Methylisocyanurat und die Constitution der Cyanursäuren.

Von A. W. Hofmann.

(Vorgetragen am 10. Juni.)

Versuche über die Sulfocyanursäure und die alkylirten Melamine, welche der Akademie vor einigen Monaten mitgetheilt worden sind,[1] hatten mich zu Betrachtungen über die Natur der Cyanursäure und des Melamins, zumal zur Erörterung der Frage geführt, ob diese Körper als normal zusammengesetzt oder aber als Isoverbindungen aufzufassen seien. Ich war im Gegensatz zu der Auffassung, welche während der letzten Jahre mehr und mehr Eingang gefunden hatte, zu der Ansicht gelangt, dass die genannten Verbindungen als von normaler Zusammensetzung zu betrachten seien.

Seitdem haben sich auch andere Forscher mit dieser Frage beschäftigt. Ponomareff[2] und Claesson,[3] welche derselben Frage auf experimentalem Wege näher getreten sind, gelangen ohne Bedenken zu der von mir vertretenen Auffassung; Rathke,[4] welcher die Frage mehr vom theoretischen Standpunkte aus erörtert hat, kann sich einiger Zweifel nicht erwehren.

Rathke macht von Neuem auf die Thatsache aufmerksam, dass sich manche Umbildungen, welche in der Cyanursäuregruppe beobachtet werden, einfacher erklären lassen, wenn man diese Säure und das Melamin nicht als normale, sondern als Isoverbindungen auffasst. Dies kann nicht bezweifelt werden. Wäre dem nicht so, so würde die Streitfrage niemals aufgetaucht sein. Wie die Dinge liegen, müssen sich die Anhänger der einen wie der anderen Auffassung, um diese Umbildungen verständlich zu machen, zu der Annahme verstehen, dass die Elementaratome in den genannten Verbindungen, wenn letztere

[1] Hofmann, Sitzungsberichte 1885, 821 u. 953.
[2] Ponomareff, Berichte chem. Ges. XVIII, 3261.
[3] Claesson, Journ. pr. Chem. XXX, 116.
[4] Rathke, Berichte chem. Ges. XVIII, 3102.

mit anderen Körpern in Berührung kommen, eine Umlagerung erfahren.

Rathke ist nun der Meinung, dass man Angesichts dieser Verhältnisse beiden für die Cyanursäure sowohl als für das Melamin in Anwendung gekommenen Formeln

$$3\left[C\begin{matrix}\equiv N\\ \diagdown OH\end{matrix}\right] \qquad 3\left[C\begin{matrix}\equiv N\\ \diagdown NH_2\end{matrix}\right]$$

und

$$3\left[C\begin{matrix}= NH\\ = O\end{matrix}\right] \qquad 3\left[C\begin{matrix}= NH\\ = NH\end{matrix}\right]$$

gleiche Berechtigung zuerkennen müsse, und macht daher den Vorschlag, dass man sich beider Formeln unbedenklich nebeneinander bedienen solle.

Was diesen letzteren Vorschlag anlangt, so bin ich ganz mit demselben einverstanden, wenn man mit diesen Formeln nichts anderes als die Thatsache zum Ausdruck bringen will, dass Cyanursäure und Melamin unter gewissen Umständen Abkömmlinge liefern, deren Entstehung sich am einfachsten übersehen lässt, wenn man die Elemente in den Mutterverbindungen als im Sinne der beiden ersten Formeln gelagert annimmt, während die Umwandlungen, welche die genannten Verbindungen unter anderen Umständen erleiden, eine befriedigendere Erklärung finden, wenn man sich die Elementaratome in der Anordnung denkt, welche die beiden anderen Formeln veranschaulichen. Wer sich aber in dieser Weise mit der Sache abfindet, muss in der Frage nach der Constitution der Cyanursäure und des Melamins ein unlösbares Räthsel erblicken.

Sollte nun aber der Versuch, dieses Räthsel zu lösen, wirklich ein so ganz aussichtsloser sein? Niemand wird leugnen wollen, dass sich die Elemente in dem fertigen Molecule der Cyanursäure sowohl wie des Melamins in einer ganz bestimmten und, so lange dieselben physikalischen Bedingungen fortdauern, unverändert bleibenden Anordnung befinden müssen. Nun besitzen wir für die Erkenntniss dieser Anordnung im Augenblick kaum einen anderen Anhaltspunkt als das Studium der Bildung und Umsetzung dieser Molecule. Ergäbe sich nun bei diesem Studium, dass von diesen Bildungs- und Umsetzungsprocessen ebenso viele für die eine, wie für die andere Auffassung der Cyanursäure und des Melamins sprächen, so würde man allerdings dem Ziele nicht näher gekommen sein. Fände man aber, dass sich die Mehrzahl dieser Processe am einfachsten unter Annahme der einen Anordnung dieser Elemente erklären liesse, so dürfte man

meiner Ansicht nach nicht anstehen, dieser Annahme vor der anderen den Vorzug zu geben. Diejenigen Bildungen und Umbildungen, welche im Sinne der entgegengesetzten Auffassung verlaufen, würden dann durch Annahme von Atomverschiebungen im Molecule zu erklären sein, welche sich in der betreffenden Reaction vollziehen.

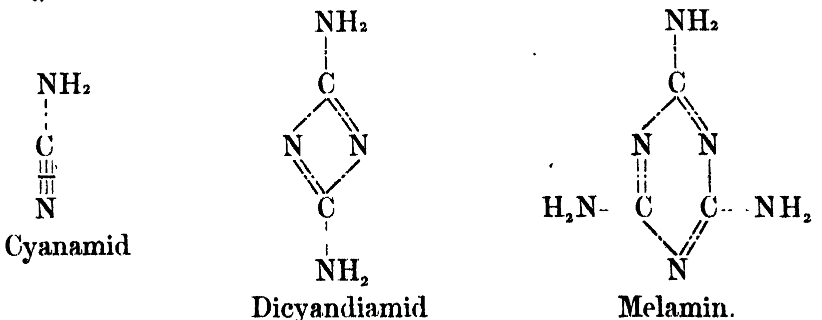
Indem ich in diesem Sinne, was über Bildung und Umwandlung von Cyanursäure und Melamin festgestellt ist, in Erwägung zog, kam ich zu der Ansicht, dass Cyanursäure sowohl wie Melamin normal zusammengesetzte Verbindungen seien.

Für diese Auffassung schienen mir zumal zahlreiche Übergänge von Verbindungen, deren normale Constitution allgemein anerkannt ist, in unzweifelhafte Isokörper zu sprechen, welche ohne alle Mitwirkung fremder Substanzen ganz allein durch Steigerung der Temperatur erfolgen.

Meine auf diese Weise zu Stande gekommene Ansicht entspricht den Erfahrungen, welche zur Zeit vorliegen. Es bleibt abzuwarten, ob sie bei dem Fortschritt der Wissenschaft im Lichte neuentdeckter Thatsachen gewinnen oder verlieren werde.

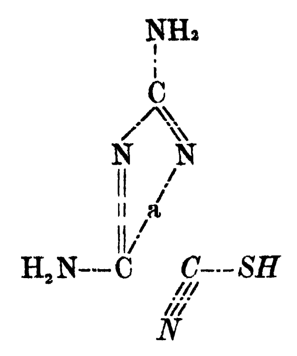
RATHKE hat in seiner Abhandlung auf mehrere Reactionen aufmerksam gemacht, welche seiner Meinung nach der Annahme einer normalen Constitution ganz besonders ungünstig sind.

Die eine der von ihm angeführten Reactionen, nämlich die Umwandlung des Dicyandiamids mittels Schwefelblausäure in Thioammelin scheint mir nun aber in der That — und dieselbe Ansicht hat auch bereits CLAESSON ausgesprochen — viel leichter verständlich, wenn man das Melamin, beziehungsweise Ammelin und Ammelid als normale Verbindungen auffasst. Wer dem Cyanamid und dem Melamin eine normale Constitution beilegt, wird sich nur schwer entschliessen, in dem zwischen beiden liegenden Dicyandiamid eine andere Atomlagerung anzunehmen:



Cyanamid Dicyandiamid Melamin.

Lässt man aber diese Formel gelten, so ist nichts einfacher als der Übergang in Thioammelin, wie sich aus folgendem Schema ergiebt:



Das Dicyandiamid braucht sich in der That nur bei a zu öffnen, um den Elementen der Schwefelblausäure den Eintritt in das Molecul zu gestatten. Man hat nicht einmal dem Wasserstoff eine Wanderung von einem Atom Stickstoff zu dem anderen zuzumuthen, welche ihm nach Rathke's Auffassung nicht erspart bleibt.

Überdies hat Claesson dasselbe Thioammelin in einer Reaction, nämlich durch Einwirkung von Diamidocyanurchlorid auf Kaliumsulfhydrat gewonnen, welche an Durchsichtigkeit nichts zu wünschen übrig lässt. Die Umwandlung des Dicyandiamids in Thioammelin wird daher wahrscheinlich von Vielen als eine willkommene Bestätigung ihrer Ansicht, dass die genannte Verbindung eine normale Constitution habe, aufgefasst werden.

Grössere Schwierigkeiten würde allerdings die Überführung des Dicyandiamids durch Kohlensäure und Ammoniak in Melanurensäure bereiten. Allein es darf nicht unerwähnt bleiben, dass die Identität der Dicyandiamidocarbonsäure mit der auf anderem Wege erhaltenen Melanurensäure von ihrem Entdecker[1] selbst noch keineswegs als endgültig festgestellt betrachtet wird.

Damit soll nun aber gewiss nicht behauptet werden, dass man nicht noch auf manche neue Reactionen stossen wird, in denen sich über die Nothwendigkeit der Annahme von Atomverschiebungen nicht hinwegkommen lässt. Eine solche Reaction habe ich in der That bei Fortsetzung der Arbeit über die Constitution der Cyanursäure selber aufgefunden. In dem letzten Theile dieser Arbeit[2] wird einiger noch nicht zum Abschlusse gekommener Versuche gedacht, deren Ergänzung ich nicht schuldig bleiben möchte.

Um weitere Anhaltspunkte für die Beantwortung der Frage, ob die Cyanursäure den normalen oder den Isoäthern entsprechend zusammengesetzt sei, zu gewinnen, hatte ich das Verhalten der drei Verbindungen unter dem Einflusse des Phosphorpentachlorids studirt

---

[1] Bamberger, Berichte chem. Ges. XVI, 1074.
[2] Hofmann, Sitzungsberichte 1885, 999.

und gefunden, dass die Cyanursäure und der normale Methyläther eine völlig analoge Umbildung erleiden, indem sich neben Cyanurchlorid und Phosphoroxychlorid in dem einen Falle Salzsäure, in dem anderen Methylchlorid entwickelt.

$$\left[C \begin{matrix} \diagup OH \\ \equiv N \end{matrix}\right]_3 + 3PCl_5 = \left[C \begin{matrix} \diagup Cl \\ \equiv N \end{matrix}\right]_3 + 3POCl_3 + 3HCl.$$

$$\left[C \begin{matrix} \diagup OCH_3 \\ \equiv N \end{matrix}\right]_3 + 3PCl_5 = \left[C \begin{matrix} \diagup Cl \\ \equiv N \end{matrix}\right]_3 + 3POCl_3 + 3CH_3Cl.$$

Ganz anders das Verhalten des Methylisoäthers: unter dem Einflusse des Phosphorpentachlorids entsteht aus demselben weder Phosphoroxychlorid, noch Cyanurchlorid, noch Chlormethyl, sondern Phosphortrichlorid, Salzsäure und ein krystallinisches Product, welches ich als dreifach chlorirtes Methylisocyanurat ansprechen zu dürfen glaubte.

$$\left[C \begin{matrix} \diagup\!\!\diagup O \\ \diagdown NCH_3 \end{matrix}\right]_3 + 3PCl_5 = \left[C \begin{matrix} \diagup\!\!\diagup O \\ \diagdown NCH_2Cl \end{matrix}\right]_3 + 3PCl_3 + 3HCl.$$

Eine vorläufige Analyse, bemerkte ich damals, bedürfe weiterer Bestätigung.

Dieser schön krystallisirte Körper ist seitdem in grösserer Menge dargestellt worden, und es hat sich bei Wiederholung der Analyse in der That die oben gegebene Zusammensetzung unzweifelhaft als die richtige herausgestellt.

Man erhält die trichlorirte Verbindung am besten, wenn man den Trimethylisocyanursäureäther (3^g) mit Phosphorpentachlorid (12^g) im Einschlussrohr 6 bis 8 Stunden lang auf eine Temperatur von 220° bis 230° erhitzt. Nach dem Erkalten enthält die Röhre meist eine Flüssigkeit, welche von einer reichlichen Krystallisation durchsetzt ist. Zuweilen ist der ganze Röhreninhalt zähflüssig und wird erst bei Berührung mit einem Glasstabe krystallinisch. Die von den Krystallen abgegossene Flüssigkeit ist nahezu reines Phosphortrichlorid; sie zeigt den constanten Siedepunkt 78°; Phosphoroxychlorid ist in derselben nicht vorhanden, dagegen enthält sie eine kleine Menge einer widerlich riechenden, das Auge zu Thränen reizenden Substanz, welche bei der Destillation als ein zähes Harz zurückbleibt; sie ist nicht weiter untersucht worden.

Den Krystallen hängt noch etwas Phosphorchlorid an, von dem sie durch Waschen mit Wasser getrennt werden. 3^g Trimethyläther lieferten in der Regel etwa 4^g dieses Rohproductes, der oben gegebenen Gleichung entsprechend hätten 4.8^g erhalten werden müssen. Es wurden also mehr als 83 Procent der theoretischen Ausbeute gewonnen. Das krystallinische Rohproduct wird durch mehrfaches Um-

krystallisiren aus Alkohol gereinigt. Hierbei werden die Anfangs ziemlich leicht löslichen Krystalle schwerer löslich, ein Beweis, dass ihnen noch Verunreinigungen anhingen. Gleichzeitig nimmt der Körper mehr und mehr den Charakter einer einheitlichen Substanz an; an Stelle der zunächst etwas verworrenen Krystallisation sind schliesslich dünne sechsseitige Blättchen getreten. Nach viermaligem Umkrystallisiren aus Alkohol zeigte die Substanz den constant bleibenden Schmelzpunkt 184°; früher hatte ich denselben bei 164° gefunden. Die Verbindung ist auch in Äther, Eisessig, Chloroform, Benzol und Nitrobenzol leicht löslich; von Ligroïn und Wasser wird sie nur in geringer Menge aufgenommen.

Zur Feststellung der Formel wurden Stickstoff und Chlor in dem bei 100° getrockneten Körper bestimmt. Die Ergebnisse der Analyse führen unzweideutig auf die einfache Formel

$$C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow NCH_2Cl \end{matrix} = C_2H_2ClNO.$$

	Theorie		Versuch	
C_2	24	26.23	—	-
H_2	2	2.18	—	--
Cl	35.5	38.80	38.61	—
N	14	15.30	—	15.36
O	16	17.49	—	—
	91.5	100.00.		

Es braucht indessen wohl kaum angedeutet zu werden, dass hier nicht ein einfach chlorirter Cyansäureäther, sondern ein dreifach chlorirter Cyanursäureäther vorliegt. Der Körper siedet ohne Zersetzung bei einer weit über 300° liegenden Temperatur. Das Destillat erstarrt öfters zu einer durchsichtigen, an das Metastyrol erinnernden spröden, in Wasser untersinkenden Masse, welche aber bei Berührung mit Alkohol schnell wieder krystallinisch wird und den unveränderten Schmelzpunkt 184° zeigt.

Die Frage lag nahe, ob sich das Chlor in dem neuen Körper durch einwerthige Atomgruppen werde ersetzen lassen. Versuche, welche zur Bewerkstelligung dieses Ersatzes angestellt wurden, sind jedoch erfolglos geblieben. Stets wird die Seitenkette von dem Cyanurkern losgelöst, und man gelangt schliesslich zur Cyanursäure.

Am einfachsten gestaltet sich die Umbildung unter dem Einflusse des Wassers. Im Einschlussrohre mit Wasser auf 100° erhitzt, lieferte der chlorirte Körper Salzsäure, Methylaldehyd und Cyanursäure, welche sich in Krystallen ausschied.

$$\left[C\begin{matrix}\nearrow O\\ \searrow NCH_2Cl\end{matrix}\right]_3 + 3H_2O = 3HCl + 3CH_2O + \left[C\begin{matrix}\nearrow OH\\ \equiv N\end{matrix}\right]_3$$

Der Methylaldehyd liess sich sofort beim Öffnen des erkalteten Rohres am Geruche erkennen; er wurde ferner durch Herstellung des Silberspiegels, sowie schliesslich durch Einleiten von Schwefelwasserstoff in die wässerige Lösung und Zusatz von Salzsäure nachgewiesen, wodurch alsbald der charakteristische krystallisirte Sulfaldehyd vom Schmelzpunkt 216° entstand, den ich schon früher[1] aus dem Methylaldehyd gewonnen habe. Die auf diese Weise entstandene Cyanursäure stimmte in jeder Beziehung mit der altbekannten überein: sie gab die violette Kupferverbindung und das schwerlösliche tertiäre Natriumsalz. Überdies wurde noch eine Stickstoffbestimmung ausgeführt. Man fand 32.11 Procent Stickstoff, die Theorie verlangt 32.56 Procent.

Die Vergleichung der aus dem chlorirten Äther gebildeten Cyanursäure mit der gewöhnlichen ist mit grosser Sorgfalt angestellt worden, denn ich gestehe offen, dass ich anfangs glaubte, eine andere Cyanursäure unter den Händen zu haben. Hier war in der That eine treffliche Gelegenheit für die Bildung einer Isocyanursäure gegeben. Ich habe aber mit dem besten Willen keinen Unterschied von der gewöhnlichen finden können. Auch werden diejenigen, welche in der Cyanursäure eine Isosäure erblicken, nicht ermangeln, die Bildung der Cyanursäure unter diesen Bedingungen als einen willkommenen Beweis für ihre Ansicht geltend zu machen. In der That liegt hier einer der Fälle vor, in denen sich die Bildung der Cyanursäure, als Isosäure gedacht, einfacher erklärt, als die der normalen. Nachdem sich die einwerthige Gruppe CH_2Cl unter dem Einflusse eines Wassermoleculs in der Form von Salzsäure und Methylaldehyd von dem Stickstoff losgelöst hat, ist von dem Wassermolecul noch ein Wasserstoffatom übrig, welches ohne Weiteres die frei gewordene Bindekraft des Stickstoffes sättigen könnte, wodurch eine Isocyanursäure zu Stande käme. Statt dessen muss dieses Wasserstoffatom, wenn die Cyanursäure normal zusammengesetzt ist, das an dem benachbarten Kohlenstoffatome haftende Sauerstoffatom in die Hydroxylgruppe verwandeln, indem durch gleichzeitig eintretende Doppelbindung zwischen Kohlenstoff und Stickstoff das System wieder in's Gleichgewicht gebracht wird. Da man indessen, wenn man der Cyanursäure normale Zusammensetzung vindicirt, unter allen Umständen Atomverschiebungen anerkennen muss, so kann es Angesichts der Summe von Erscheinungen,

[1] Hofmann, Monatsberichte 1867, 669.

welche diese Ansicht befürworten, auf eine mehr oder weniger nicht ankommen.

Ganz ähnlich wie vom Wasser wird der trichlorirte Äther vom Ammoniak zerlegt. Bei 100° im Einschlussrohr mit Ammoniak erhitzt, geht derselbe in Cyanursäure über, während neben Salmiak das salzsaure Salz einer Base entsteht, welches mit Goldchlorid ein schwerlösliches krystallinisches Doppelsalz liefert. Die in demselben enthaltene Base ist offenbar das Hexamethylentetramin, welches überall entsteht, wo Methylaldehyd mit Ammoniak zusammenkommt. Man versuchte die Base aus dem Goldsalze durch Schwefelwasserstoff zu gewinnen, erhielt aber, wie das ja auch nicht anders erwartet werden konnte, nur den bei 216° schmelzenden trimolecularen Methylsulfaldehyd, indem sich die Base in Gegenwart von freier Säure in Ammoniak und Methylaldehyd gespalten hatte, welcher alsdann in die polymere Schwefelverbindung übergegangen war.

Noch soll nicht unerwähnt bleiben, dass der trichlorirte Methyläther, nachdem man erkannt hatte, wie leicht er sich mit den Elementen des Wassers umsetzt, auch mit wasserfreien Agentien, z. B. mit Anilin behandelt worden ist. Die Einwirkung erfolgte schon bei gelindem Erwärmen und steigerte sich alsdann, selbst bei Anwendung verhältnissmässig kleiner Mengen bis zu explosionsartiger Heftigkeit. Es entstanden harzige Producte, welche aus wasserfreien Lösungsmitteln nicht zum Krystallisiren gebracht werden konnten. Wurde, um das unverbrauchte Anilin zu entfernen, eine Säure zugesetzt, so schied sich alsbald Cyanursäure ab, und neben dem überschüssigen Anilin gingen schwach basische Körper (Aldehydbasen) in Lösung, deren Eigenschaften nicht hinreichend charakteristisch erschienen, um zu einer näheren Untersuchung einzuladen.

Angesichts der erfolglosen Bemühungen, die Chloratome in dem chlorirten Methyläther durch Hydroxylgruppen zu ersetzen, war nur wenig Aussicht vorhanden, dass es gelingen werde, die Methylgruppen des Trimethylisocyanurats in Aldehyd- oder gar in Carboxylgruppen überzuführen, ohne das Molecul des Äthers völlig zu zerstören. Der Versuch ist gleichwohl gemacht worden. Permanganat greift das Trimethylisocyanurat in wässeriger Lösung nur äusserst langsam an. Etwas schneller, aber immer noch langsam genug, wirkt dasselbe bei Gegenwart freien Alkalis. Als man nach mehrstündigem Kochen keine Wirkung mehr beobachtete, wurde noch vorhandenes Permanganat durch Kochen mit Alkohol zerstört, die Flüssigkeit mit Essigsäure neutralisirt, wobei viel Kohlensäure entwich, und eingedampft. Sie liefert auf Zusatz von Silbernitrat ein krystallinisches, aber noch sehr unreines Silbersalz. Beim Behandeln desselben mit Salzsäure oder

Schwefelwasserstoff entstand eine Flüssigkeit, welche nach dem Eindampfen Krystalle absetzte, theilweise löslich, theilweise unlöslich in Ammoniak. Der unlösliche Theil erwies sich als unangegriffener Trimethyläther. Was sich in Ammoniak gelöst hatte, wurde nach dem Ausfällen mit Salzsäure durch Beobachtung des Schmelzpunktes und Darstellung des charakteristischen Kupfersalzes als Dimethylisocyanursäure erkannt.

Nicht erfolgreicher war der Versuch, das Trimethylisocyanurat mittels Salpetersäure zu oxydiren. Durch Kochen selbst mit concentrirter Salpetersäure wird derselbe nicht verändert. Erst im Einschlussrohr mit concentrirter Salpetersäure auf 200° erhitzt, wird der Äther angegriffen. Auch auf diese Weise entsteht, aber stets nur in geringer Menge, die dimethylirte Isocyanursäure.

Den HH. Dr. O. Rhousopoulos und Dr. O. Borgmann, welche mich bei Ausführung der vorstehend verzeichneten Versuche mit ebenso grossem Eifer als Geschick unterstützt haben, möchte ich nicht unterlassen, an dieser Stelle meinen besten Dank auszusprechen.

Da ich nicht weiss, ob es mir vergönnt sein wird, noch einmal zur Cyanursäure zurückzukehren, so sei mir gestattet, noch einige Beobachtungen anzuführen, welche allerdings mit den Versuchen über die Einwirkung des Phosphorpentachlorids und der Salpetersäure auf das Trimethylisocyanurat nicht in directem Zusammenhange stehen, aber doch gleichfalls zur Klarlegung der Constitution der Cyanursäure und ihrer Abkömmlinge angestellt worden sind.

Unter den Gründen, welche für die Isonatur der Cyanursäure sprechen, ist stets die Bildung der Isoäther bei der Ätherificirung dieser Säure mit Vorliebe angeführt worden. Bei der Destillation cyanursaurer und alkylschwefelsaurer Salze entstehen, wie Wurtz[1] gezeigt hat, nur Isocyanurate. Aber auch durch Einwirkung von Jodäthyl auf Silbercyanurat bei 120° erhielten Habich und Limpricht[2] nur Isocyanurat. Gelegentlich meiner Besprechung der Constitution der Cyanursäure habe ich diesen Versuch in der Methylreihe wiederholt, allein obwohl ich selbst bei gewöhnlicher Temperatur arbeitete, hat dieser Versuch doch ebenfalls nur Isoäther geliefert.[3] Seit Veröffentlichung meiner Abhandlung ist auch Ponomareff[4] dieser Frage näher getreten, und es ist ihm in der That gelungen, den Nachweis

[1] Wurtz, Ann. Chim. de Phys. [3] XLII, 57.
[2] Habich und Limpricht, Lieb. Ann. CV, 39.
[3] Hofmann, Sitzungsberichte 1885, 996.
[4] Ponomareff, Berichte chem. Ges XVIII, 3272.

zu liefern, dass sich, wenn Silbercyanurat und Jodäthyl bei niedriger Temperatur auf einander wirken, stets eine gewisse Menge des normalen Äthers bildet. Der Versuch in der Äthylreihe bot in der That mehr Aussicht auf Erfolg als in der Methylreihe, weil der normale Äthyläther weit weniger leicht in die Isoverbindung übergeht, als der Methyläther. Indessen giebt Ponomareff an, dass er auch den Methyläther vom Schmelzpunkt 132° auf diese Weise gewonnen habe. Dieser Äther lieferte beim Schmelzen mit Alkali kein Methylamin und gab mit Quecksilberchlorid ein Doppelsalz. Das Hauptproduct war aber auch in Ponomareff's Versuchen stets der Isoäther, besonders bildete sich der isomere Methyläther in sehr geringer Menge.

Ich habe, nachdem ich die angeführten Mittheilungen gelesen hatte, den Versuch über die Wechselwirkung zwischen Silbercyanurat und Methyljodid nochmals angestellt. Man hatte z. B. Silbersalz mit einem Überschuss von Jodmethyl sechs Tage lang stehen lassen. Die Umsetzung war keineswegs eine vollständige, denn der betreffende Auszug des Reactionsproductes hinterliess nach dem Verdampfen des Äthers nur 1.7^g Rückstand; man hätte 2.6^g erhalten müssen.

Das zunächst ölige Product erstarrte bald zu einer krystallinischen Masse, welche sich nach einmaligem Umkrystallisiren als reines Trimethylisocyanurat vom Schmelzpunkt 175° erwies. Der normale Äther, wenn er sich gebildet hatte, musste in der Mutterlauge vorhanden sein. Ich gedachte, ihn aus derselben in Gestalt des von Ponomareff beschriebenen Quecksilbersalzes zu gewinnen, und war erfreut, auch alsbald auf Zusatz von Sublimatlösung eine krystallinische Verbindung zu erhalten; ich glaubte in der That, den reinen normalen Äther gefasst zu haben. Dem war indessen nicht so. Als man das Quecksilbersalz mit Ammoniak versetzte und mit Äther ausschüttelte, erhielt man einen undeutlich krystallinischen Rückstand, aus welchem beim Umkrystallisiren aus Alkohol wieder der Isoäther vom Schmelzpunkt 175° erhalten wurde. Ich lasse es dahin gestellt sein, ob in der Mutterlauge normaler Äther vorhanden war, jedenfalls ist es mir nicht gelungen, ihn nachzuweisen.

Ich habe diesen Versuch eingehend mitgetheilt, weil er zeigt, dass Quecksilberchlorid zur Trennung des isomeren Trimethylcyanurats nicht wohl anwendbar ist. In der That liefert der Isoäther mit Quecksilberchlorid ebenfalls eine schwerlösliche Doppelverbindung, welche man leicht erhält, wenn man die wässerigen Lösungen von Quecksilberchlorid und Äther mit einander mischt. Es sind lange, prismatische Krystalle, welche mit der von dem normalen Äther gebildeten Verbindung isomer sind. Die Formel

$$(C{:::}O)_3(NCH_3)_3HgCl_2 = C_6H_9N_3O_3HgCl_2$$

verlangt folgende Werthe:

	Theorie		Versuch		
C_6	72	16.29	—	—	—
H_9	9	2.04	—	—	—
N_3	42	9.50	9.86	—	—
O_3	48	10.86	—	—	—
Hg	200	45.25	—	44.89	—
Cl_2	71	16.06	—	—	16.18
	442	100.00.			

Die Quecksilberverbindung des Isoäthers, obschon schwerlöslich, ist gleichwohl etwas leichter löslich als die des normalen. 100^g Wasser von 15° lösen nach zwei wohl übereinstimmenden Versuchen 2.68^g der ersteren, und nur 0.95^g der letzteren.

Noch verdient hier zum Schlusse die nicht uninteressante Frage nach der Constitution der dimethylirten und diäthylirten Isocyanursäure erörtert zu werden. Man könnte sich im Hinblick auf ihre Entstehung aus den normalen Dialkylsäuren durch die Wärme, welche derjenigen der trialkylirten Isoverbindungen aus den entsprechend normalen Äthern so ähnlich ist, für berechtigt halten, den di- und trialkylirten Isoverbindungen eine vollkommen analoge Constitution beizulegen. Wenn wir im Sinne dieser Auffassung das normale Trimethylcyanurat und das Trimethylisocyanurat durch die Diagramme

```
        CH3
        O                          O
        C                          C
       / \\                       /  \
      N    N               CH3N      NCH3
      ||   |      und          |      |
   CH3OC   COCH3              OC      CO
       \\ //                     \    /
        N                          N
                                   CH3
```

wiedergeben, so würden die beiden dimethylirten Säuren in den Formeln

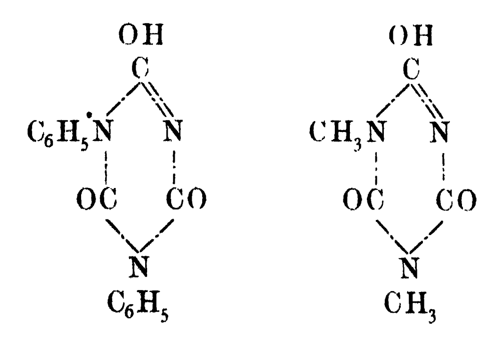
OH
C
N N
CH_3OC $COCH_3$
N

und

O
C
CH_3N NH
OC CO
N
CH_3

ihren Ausdruck finden.

Die dimethylirte Isosäure würde demgemäss eine Imidgruppe enthalten und für das Vorhandensein einer solchen Gruppe könnte vielleicht die Thatsache geltend gemacht werden, dass das dimethylisocyanursaure Silber $^1/_2$ Mol. Wasser enthält (vergl. S. 912), eine Eigenthümlichkeit, welche bei den Silbersalzen unzweifelhafter Imide mehrfach beobachtet worden ist. Es wäre aber auch denkbar, dass bei der Umbildung nur die Methylgruppen wanderten, während die Hydroxylgruppe unversehrt bliebe, mithin ihre Stellung behaupte, wodurch eine Säure zu einem Dritttheil normal, zu zwei Dritttheilen Isoverbindung zu Stande käme. Diese Auffassung hat nichts Befremdliches, wenn man sich erinnert, dass Melamine von ähnlicher gemischter Constitution bekannt sind. Ich habe in der That erst jüngst noch ein asymmetrisches Triphenylmelamin aufgefunden,[1] in welchem neben zwei Imidgruppen eine Amidgruppe angenommen werden muss. Unter dem Einflusse des Wassers (bei Behandlung mit Salzsäure) geht diese Verbindung in eine Säure von genau der Constitution über, welche oben als die möglicher Weise der Dimethylisocyanursäure entsprechende bezeichnet worden ist, wie die folgenden Diagramme zeigen:



[1] Hofmann, Berichte chem. Ges. XVIII, 3230.

Die grosse Ähnlichkeit des Kupfersalzes der Cyanursäure und der beiden dimethylirten Säuren ist gewiss bemerkenswerth, kann aber doch nicht als Beweis für das Vorhandensein einer Hydroxylgruppe auch in der Isosäure angesprochen werden. Ebenso wenig führt die Zerlegung der Isosäure unter dem Einflusse des Wassers zu einer Entscheidung zwischen den beiden einander gegenüber stehenden Formeln, denn die thatsächlich auftretenden Zersetzungsproducte — Kohlensäure, Methylamin und Ammoniak — müssen sowohl im Sinne der einen wie der anderen Auffassung entstehen. Eine Entscheidung der Frage schien aber möglich, wenn man auf das Silbersalz der Isosäure Jodmethyl einwirken liess. War die Säure eine Imidverbindung, so musste man auf das altbekannte Trimethylisocyanurat stossen, enthielt sie dagegen eine Hydroxylgruppe, so durfte man die Bildung eines isomeren Körpers von verschiedenen physikalischen Eigenschaften und verschiedenem chemischen Verhalten erwarten. Man musste allerdings darauf gefasst sein, den Versuch an der geringen Stabilität, welche man einem solchen Körper zutrauen durfte, an seiner wahrscheinlichen Neigung, sich in das bekannte Trimethylisocyanurat zu verwandeln, scheitern zu sehen.

Da mir in früheren Versuchen das Silbercyanurat bei der Behandlung mit Jodmethyl in höherer Temperatur stets nur Trimethylisocyanurat geliefert hatte[1], so wurde die Digestion des Silbersalzes der Dimethylisocyanursäure, welches, um das Wasser auszuschliessen, bei 120° getrocknet worden war, mit Jodmethyl alsbald bei gewöhnlicher Temperatur bewerkstelligt. Nachdem das Silbersalz drei Wochen lang mit einem Überschusse von Jodmethyl zusammengestanden hatte, war eine nicht unerhebliche Menge von Jodsilber entstanden. Das abfiltrirte Jodmethyl hinterliess nach dem Verdampfen eine gelbliche Krystallisation, in welcher sich die Prismen des Trimethylisocyanurats sofort erkennen liessen. Ein aus der Krystallmasse herausgebrochener Krystall, mit ein wenig Äther abgewaschen, zeigte in der That den Schmelzpunkt (175°) des trimethylirten Isoäthers.

Den Krystallen haftete eine sehr kleine Menge klebriger Substanz an, so dass der Schmelzpunkt des ungewaschenen Reactionsproductes wesentlich niedriger lag. Es war nicht unmöglich, dass in dieser klebrigen Materie ein unsymmetrisches Trimethylisocyanurat, zu einem Dritttheile normal, zu zwei Dritttheilen Isoverbindung, vorlag. War dem so, so musste durch Einwirkung von Salzsäure bei erhöhter Temperatur unter Rückbildung von Dimethylisocyanursäure Chlormethyl auftreten. Bei Anstellung des Versuches wurde weder die

[1] Hofmann, Sitzungsberichte 1885, 996.

eine noch das andere beobachtet. Es hatte sich somit durch die Einwirkung des Jodmethyls auf das Silbersalz der Dimethylisocyanursäure nur das altbekannte Trimethylisocyanurat gebildet.

Man könnte sich im Hinblick auf das Ergebniss dieses Versuches für berechtigt halten, die Constitution der Dimethylisocyanursäure als derjenigen des Trimethylisocyanurats entsprechend anzunehmen, d. h. diese Säure als eine Imidverbindung zu betrachten. Erinnerte man sich indessen der Leichtigkeit, mit welcher die normalen Methylcyanursäureäther in die Isoverbindungen übergehen, wie dies bei der Einwirkung von Jodmethyl auf Silbercyanurat besonders auffallend zu Tage tritt, so konnten immer noch einige Zweifel bleiben, und es schien wünschenswerth, den Versuch in der Äthylreihe zu wiederholen. Eine solche Wiederholung empfahl sich um so mehr, als einerseits die normalen Cyanursäureäther stabiler sind, andererseits auch, weil das wohl definirte Silbersalz der Diäthylisocyanursäure nach den Beobachtungen von Habich und Limpricht[1], die ich bestätigen kann, unähnlich der entsprechenden Methylverbindungen, wasserfrei krystallisirt. Dieses Silbersalz — der Versuch wurde mit nicht weniger als 17g angestellt — liess man mit einem Überschuss von wohl getrocknetem Jodäthyl etwa 6 bis 7 Wochen bei gewöhnlicher Temperatur stehen. Nach Verlauf dieser Zeit hatte sich eine erhebliche Menge von Jodsilber gebildet, welches abfiltrirt wurde. Das Jodäthyl hinterliess beim freiwilligen Verdampfen an der Luft eine dicke, bräunlich gefärbte Flüssigkeit, aus welcher sich nach einigen Tagen einige Krystalle absetzten. Diese zeigten nach dem Reinigen durch Pressen und Umkrystallisiren aus Äther den Schmelzpunkt 95°, erwiesen sich also als Triäthylisocyanurat.

In der dickflüssigen Mutterlauge dieser Krystalle — bei weitem die grössere Menge des Reactionsproductes — musste der gesuchte, asymmetrische Triäthyläther, wenn er sich überhaupt gebildet hatte, enthalten sein. Leider sind alle Versuche, diese Flüssigkeit zum Krystallisiren zu bringen, gescheitert. Eine Reinigung durch Destillation war ausgeschlossen, da man nicht zweifeln konnte, dass der asymmetrische alsbald in den symmetrischen übergehen werde. Unter diesen Umständen blieb nichts anderes übrig, als diese Flüssigkeit auf indirectem Wege zu untersuchen. Der Natur der Sache nach musste man in derselben eine Lösung von etwas symmetrischem in asymmetrischem Triäthyläther erblicken. Die Flüssigkeit wurde daher, nachdem sie einige Tage *in vacuo* gestanden hatte, ohne weitere Reinigung verbrannt. Der Versuch lieferte ein den Erwartungen sich

[1] Habich und Limpricht, Lieb. Ann. CIX, 112.

näherndes Ergebniss. Die gefundenen Zahlen entsprechen unzweideutig den Werthen der genannten Verbindungen.

	Theorie	Versuch
Kohlenstoff	50.70	49.68
Wasserstoff	7.04	7.11

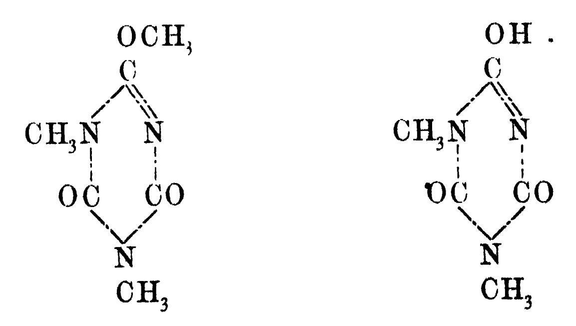
Mit der Flüssigkeit wurden nun folgende Versuche angestellt.

Ein Theil wurde mit Ammoniak übergegossen, in welchem sie unlöslich war; sie enthielt also keine freie Diäthylcyanursäure.

Ein anderer Theil wurde einige Stunden im Wasserbade erhitzt; die scheinbar unveränderte Flüssigkeit erstarrt nunmehr beim Erkalten zu einer weissen Krystallmasse, welche nach dem Umkrystallisiren aus Alkohol den Schmelzpunkt 95° zeigte, mithin aus dem symmetrischen Triäthylisocyanurat bestand.

Ein dritter Theil der Flüssigkeit wurde im Einschlussrohr mehrere Stunden lang mit Salzsäure bei 100° digerirt. Beim Öffnen der Digestionsröhre entwichen Ströme von Chlormethyl, welche man an der Spitze der Röhre entzünden konnte. Die Flüssigkeit in der Röhre lieferte nach dem Verdampfen der Salzsäure eine Krystallmasse, welche sich zum grossen Theil in Ammoniak löste. Der zurückbleibende Theil schmolz bei 95°, war also symmetrischer Triäthyläther; die in Ammoniak gelöste und durch Salzsäure daraus wieder abgeschiedene Substanz zeigte nach dem Umkrystallisiren aus Alkohol den Schmelzpunkt 173° und konnte auf diese Weise ohne Schwierigkeiten mit der Diäthylisocyanursäure identificirt werden.

Diese Versuche liefern, glaube ich, den Beweis, dass die durch Behandlung des Silbersalzes der Diäthylisocyanursäure mit Jodäthyl gebildete Flüssigkeit in der That den asymmetrischen Äther enthält, dass mithin auch die Säure, aus der er entsteht, eine asymmetrische ist.



Einer solchen indirecten Beweisführung, wie cogent immer sie erscheine, ist indessen die directe stets vorzuziehen, und ich möchte daher die Acten über die hier vorliegende Frage erst dann für geschlossen erachten, wenn es gelungen sein wird, einen solchen asym-

metrischen Cyanursäureäther im reinen Zustande zu isoliren, um ihn als chemisches Individuum zu charakterisiren. Ich habe die Absicht, den beschriebenen Versuch, etwas modificirt, nochmals zu wiederholen.

Schliesslich ist es mir eine angenehme Pflicht, der lebhaften Dankbarkeit Ausdruck zu leihen, welche ich Hrn. Dr. E. A. Wülfing für seine umsichtige und hingebende Mitwirkung bei diesen Arbeiten schulde.

Ausgegeben am 19. August.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1886.
XL.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

21. October. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Auwers i. V.

1. Der Vorsitzende legte eine Untersuchung des Hrn. K. F. Ginzel hierselbst über einige historische, besonders in altspanischen Geschichtsquellen erwähnte Sonnenfinsternisse vor.

Dieselbe erscheint in einem der nächsten Stücke dieser Berichte.

2. Hr. Roth berichtete nach den vom vorgeordneten Ministerium ihm zu diesem Behuf mitgetheilten Materialien (Supplement to the Auckland Evening Star vom 19. Juni 1886 und Malta Times vom 21. August 1886) über einen vulcanischen Ausbruch in Nord-Neuseeland und über Erdstösse in Malta.

Vulcanischer Ausbruch in Nord-Neuseeland. Durch die mittlere Partie von Nord-Neuseeland zieht sich von Nordost nach Südwest, 150 miles lang und an der breitesten Stelle 210 miles breit, eine vulcanische Zone, an deren Nordende der thätige, 863^{f} hohe Inselvulcan White Island, an deren Südende der 6500^{f} hohe Vulcan Tongariro liegt, welcher am 6. Juli 1871 seinen letzten Ausbruch hatte. Man hörte damals die Explosionen in Tauranga, 120 miles weit. Nordöstlich vom Tongariro zieht sich der Seedistrict hin mit seinen heissen Quellen, Seen, Fumarolen, Solfataren, mit seinen berühmten Kieselsinter-Terrassen, Schlammvulcanen und erloschenen Vulcanen.

Früh Morgens am 10. Juni hörte man in Auckland, New Plymouth, Nelson, Picton und Christchurch (auch in Sydney) heftiges Getöse wie

von mächtigen Artilleriesalven und sah von Auckland aus am Südhorizont Flammen.

Am warmen kleinen See Rotomahana, welcher südlich vom Tarawerasee und südwestlich des Taraweraberges liegt, waren kurz vorher grosse Veränderungen und besondere Störungen vorgegangen. Am Tarawerasee[1] hatte eine 3 Fuss hohe Fluthwelle die Boote aus ihren Schuppen getrieben, aus dem südlich des Tongariro liegenden, etwa 9800^f hohen, erloschenen Vulcan Ruapehu stieg Dampf empor. Am Rotoruasee empfand man früh 2 Uhr 10 Minuten am 10. Juni einen heftigen, von brüllendem Getöse begleiteten Erdstoss, sah in der Richtung nach dem Taraweraberg Feuer und bemerkte um 4 Uhr Aschenfall. Zwischen 1 und 2 Uhr hatte nämlich der Ausbruch am Gipfel des 2800^f hohen, seit Menschengedenken erloschenen[2] Vulcans Tarawera (Ruawhia) begonnen, bis um 5 Uhr folgten ununterbrochen Erdstösse aufeinander. Über dem Berg hing eine dunkle, wie ein Pilz geformte Rauchwolke, in welcher häufige Blitze zuckten, glühende Steine und Asche wurden ausgeworfen. Ebenso warfen die etwas später am Rotomahanasee entstandenen 15 Kratere unendliche Massen aus, welche als schwarzer Schlamm (zum Theil 10 Fuss mächtig) weite Strecken bedeckten und namentlich die Dörfer Wairoa (Westseite des Tarawerasees) und Te Ariki (ebenda am Südende) zerstörten. Der grösste Krater lag an der Westseite des Rotomahanasees, an der Stelle der »rothen Terrasse«, welche ebenso wie die berühmte »weisse Terrasse« (Te tarata an der Ostseite) vollständig zerstört wurde. An die Stelle des nach dem Ausbruch verschwundenen Sees waren nach dem Ausbruch Schlammvulcane getreten, deren Auswürfe bis 100 Fuss Höhe erreichten.

An der Küste in Tauranga (55 miles vom Taraweraberg) empfand man früh $2^1/_2$ Uhr am 10. Juni (und ebenso später $11^1/_2$ Uhr) heftige Erdstösse, um 8 Uhr früh war das ganze Gebiet zwischen dem Tauposee und Tauranga mit dichtem Rauch bedeckt, welcher um 11 Uhr Morgens Tauranga in vollständige Dunkelheit hüllte. Die Asche, welche dort an manchen Stellen 3 Zoll hoch lag, wurde durch den Regen zu schwarzem Schlamm, welcher nach schwefliger Säure roch. Auch auf der Insel Motiti (14 miles östlich von Tauranga) und auf den Aldermansinseln (50 miles nördlich von Tauranga) fiel Asche. Ebenso auf der Mayorinsel (120 miles von Tauranga), wo sie noch $^1/_4$ Zoll stark

[1] Major Mair sah vor zwei Jahren das Wasser des bis dahin kalten, 3 miles langen Rotokakahisees plötzlich zunehmen und fast kochend werden, so dass einen Tag lang der Abfluss in den östlich gelegenen Tarawerasee durch den Wairoabach sehr stark war.

[2] Er hatte 15 Generationen der Maori als heiliger Begräbnissplatz gedient.

war. Noch am Sonnabend den 12. Juni, zwei Tage nach dem Ausbruch, sammelte Capitain Fairchild, Schiff Hinemoa, auf dem Deck 20 miles ab Tauranga Asche. Sie lag zwischen Tauranga und dem Rotoruasee (so in Ta heke, Te puke u. s. w.) 3 bis 4 Zoll hoch.

Am 12. Juni bemerkte man in Rotorua noch einige heftige Erdstösse; ebenso in der folgenden Nacht in der Nähe des südlich vom Rotomahanasee gelegenen kleinen Okarosees drei leichte Erdstösse, hörte Getöse wie von Musketenfeuer und sah später am 13. Juni aus verschiedenen Ausbruchspunkten zwischen dem Okaro und Rotamahana unter Getöse Dampf und schwarzen Rauch aufsteigen. Man konnte 15 auswerfende Kratere unterscheiden, deren höchster 600^f Höhe besass bei einem Kraterdurchmesser von 300^f. Noch am 15. und 16. Juni empfand man in Rotorua Erdstösse, am 16. Juni war der Krater des Taraweraberges noch thätig: seine Dampfsäule erreichte die Höhe von 10000^f.

Die in Tauranga gesammelte Asche gab nach den Untersuchungen von Prof. Brown und Thomas, University College, an Wasser etwas freie Salz- und Schwefelsäure, Sulfate und Chloride von Kalk, Natron und Kali ab. Der Rest bestand aus 15 Procent Quarz, feinvertheiltem Bimstein, etwas Feldspath, Hornblende und zersetzten Gebirgsarten. Am 11. Juni empfand man in Wellington, an der Südspitze der Insel, einen Erdstoss, am 12. Juni sah man den Ruapehu rauchen, am 13. Juni früh 4 Uhr hörte man in Taupo, in der Richtung nach dem Tongariro ein dumpfes Getöse, das Wasser des Tauposees war stark bewegt und stieg bedeutend, die Geiser- und Dampfstrahlen um den See waren ungewöhnlich stark thätig, auch der Tongariro rauchte stärker als gewöhnlich. Bald nach dem Ausbruch des Taraweraberges hatte der Vulcan White Island, welcher schon vorher stärkere Symptome von Action gezeigt hatte als gewöhnlich, einen heftigen Ausbruch.

Die Tarawera-Eruption war demnach wesentlich ein Aschenausbruch, von Lava-Erguss ist keine Rede. Der Government Geologist Dr. Hector spricht die Ansicht aus, dass durch die den Ausbruch begleitenden Erdstösse die Dampfröhren der Geisir des Rotomahanasees zerrissen seien, so dass das in die Tiefe dringende, plötzlich in Dampf verwandelte Seewasser die Schlammmasse aus dem Seegrunde ausgeworfen habe. Es wird von allen Beobachtern bestimmt angegeben, dass die im Anfang niederfallende Asche trocken war.

Erdbeben in Malta. Am 14. August, Nachmittags 3½ Uhr, verbreiteten sich in Malta Gerüchte über Erdstösse, welche wenig Glauben fanden. Um 8½ Uhr Abends hörte man in Valletta secundenlang ein dumpfes Getöse, dem unmittelbar schwache Erdstösse folgten. Am 15. August früh 1 Uhr empfand man einen lebhaften Stoss,

hörte $3^3/_4$ Uhr ein dumpfes Getöse und bemerkte einige secundenlang dauernde, heftige Erdstösse, welche sich um Mittag 12 Uhr wiederholten. Am Dienstag, 17. August, traten noch leichtere Schwingungen, um 5 Uhr 30 Minuten und 5 Uhr 45 Minuten Nachmittags ein heftigerer Stoss, um 7 Uhr 45 Minuten Abends und Mittwoch früh schwächere Stösse, Donnerstag, 19. August, früh 9 Uhr Getöse und leichte Schwingungen ein. Verlust an Menschenleben ist nicht zu beklagen; einzelne Gebäude zeigten jedoch Risse. In Gozzo, Notabile und der Nachbarschaft waren die Stösse schwach, so dass die östliche Richtung des Phaenomens hervortrat.

Capitain James, Dampfschiff Orianda, berichtet, dass er auf der Fahrt vom Rothen Meer nach Malta am 16. August Nachmittags, etwa 70 miles ab Malta, auf ein leichtes Hinderniss im Meer gestossen sei und bei Lothung eine geringere Tiefe gefunden habe als die Karten angeben. Capitain Tomlinson, Schiff Transition, sah am 17. August Abends 9 Uhr bei etwa 200 miles östlichem Abstand von Malta vor dem Schiff eine 30 Fuss breite und 100 Fuss hohe Flamme aus dem Meer hervortreten, welche unmittelbar verschwand.

Ein Einwohner von Notabile sah von der Höhe, auf welcher die Kirche der Madonna della Virtù steht, um dieselbe Zeit das Feuer am Horizont. Am 19. August früh 3 Uhr 15 Minuten empfand man wiederum in Valletta einen leichten Stoss, am 20. August vier leichte Stösse.

In dem Zeitraum 1693 bis Februar 1886 wurden in Malta 31 Erdbeben gespürt, von denen die von 1693, 1856 und 1861 die heftigsten waren.

Ausgegeben am 28. October.

1886.
XLI.

SITZUNGSBERICHTE
DER
KÖNIGLICH PREUSSISCHEN
AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
ZU BERLIN.

21. October. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Mommsen.

Hr. Diels las: Über das dritte Buch der Aristotelischen Rhetorik.

Die Mittheilung erfolgt in den Abhandlungen.

Ausgegeben am 28. October.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1886.

XLII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

28. October. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Mommsen.

Hr. v. Helmholtz las über die erkenntnisstheoretischen Principien des Zählens und Messens.

Die Akademie hat ihr ordentliches Mitglied Hrn. Wilhelm Scherer am 6. August durch den Tod verloren.

Adresse an Hrn. Michel-Eugène Chevreul zur Feier seines hundertjährigen Geburtstages am 31. August 1886.

Hochverehrter Herr College!

Wenn der hundertjährige Geburtstag schon an und für sich ein ausserordentliches Fest ist, dessen Feier nur wenigen auserwählten Sterblichen zu Theil wird, so zählt die hundertjährige Geburtstagsfeier eines Mannes, der mächtigen Einfluss auf die Entwickelung der Wissenschaft geübt, der Grosses im Dienste der Menschheit vollbracht hat, zu den Ereignissen, welche die Geschichte in ihren Büchern verzeichnet.

Einen solchen hundertjährigen Geburtstag, hochverehrter Herr, feiern Sie heute. Kein Wunder, dass derselbe weit über den Kreis der Angehörigen und Freunde hinaus, von der Gesammtheit der Fachgenossen, von den Männern der Wissenschaft in allen Landen, von der ganzen civilisirten Welt in freudiger Theilnahme festlich begangen wird.

Unter den zahlreichen Körperschaften, welche Glückwünsche darbringend Ihnen nahen, um Sie an dem Marksteine Ihres ersten Jahrhunderts zu begrüssen, darf die Königlich Preussische Akademie der Wissenschaften nicht zurückstehen, welche seit zweiundfünfzig Jahren stolz darauf ist, Sie zu den ihrigen zu zählen.

Wenn die Akademie am heutigen Tage dankerfüllt auf Ihre bahnbrechende Thätigkeit zurückschaut, so haften ihre Blicke zunächst an demjenigen Theile Ihrer Lebensarbeit, welcher der chemischen Wissenschaft, zumal der organischen Chemie zu Gute gekommen ist. Im Vollbesitze des reichen Erwerbes, welchen das emsige Schaffen zweier Forschergeschlechter während eines halben Jahrhunderts angehäuft hat, verwirrt von der Mannichfaltigkeit und geblendet von dem Glanze ihrer Entdeckungen, versetzen wir uns heute nur mit Mühe in die Zeit zurück, in welcher Sie, ein fast vereinzelter Pionier, ohne andere Bundesgenossen als Ihren Muth und Ihre Kenntniss, pfadsuchend und pfadfindend, in das unübersehbare, noch völlig unbekannte

Gebiet der organischen Chemie eindrangen. Von der Legion organischer Körper, über welche wir heute gebieten, waren nur wenige bekannt, und von diesen wenigen die wenigsten genauer erforscht, von der Bildung und von den Zersetzungen dieser Körper hatte man kaum eine Ahnung; nur die Methode der quantitativen Bestimmung ihrer Bestandtheile, die Elementaranalyse, war bereits Gegenstand grundlegender Arbeiten von Gay-Lussac und Thénard gewesen, welche, wie Sie dankbar anerkannten, nicht wenig dazu beitrugen, Ihnen die Wege zu ebnen. Der weiteren Vervollkommnung der Elementaranalyse war Ihre erste Sorge gewidmet. Mit diesem mächtigen, von Ihrer Hand weiter ausgebildeten Hülfsmittel ausgerüstet begannen Sie Ihre ewig denkwürdigen Untersuchungen über die Fettkörper thierischen Ursprungs, deren Ergebnisse Sie in dem Maasse, als die Arbeit fortschritt, in einer Reihe glänzender Abhandlungen niederlegten, um sie später, nach Verlauf eines Jahrzehends, in einem monumentalen Werke: »Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale« zu vereinigen.

Mit lebhaftem Interesse lesen wir noch heute dieses klassische Buch, ungewiss, ob wir mehr die jahrelange Ausdauer bewundern sollen, welche diese endlose Reihe von Thatsachen eine nach der andern feststellte, oder den Scharfsinn, welcher es verstand, die Summe des Thatsächlichen, unter einem gemeinschaftlichen Gesichtspunkte zusammengefasst, zu einem wissenschaftlichen Ganzen zu verarbeiten. Zum ersten Male fällt ein Lichtstrahl in das Dunkel, welches noch immer die Fettkörper und ihre fundamentale Umbildung, den Verseifungsprocess, umhüllte. Die Beziehungen, in denen Fette verschiedenen Ursprungs zu einander stehen, waren noch völlig unbekannt. Die epochemachende Entdeckung des Glycerins, welches Scheele schon ein Vierteljahrhundert früher, als Sie Ihre Untersuchungen begannen, aus den Fettkörpern isolirt hatte, war — seltsam genug! — auf die Ansichten der Chemiker über den Verseifungsprocess ohne Einfluss geblieben; auch die weit ältere, schon in der Mitte des vorigen Jahrhunderts gemachte, so wichtige Beobachtung Geoffroy's, dass die durch Säuren aus einer Seife abgeschiedene Fettsubstanz ganz andere Eigenschaften besitzt, als das Fett, welches die Seife geliefert hat, war gänzlich in Vergessenheit gerathen. Allgemein betrachtete man die Seifen schlechthin als Verbindungen der Fette mit den Alkalien. Erst durch Ihre Arbeiten wurde der Schleier gehoben. Ihre Untersuchungen zeigten, dass die Fettkörper im Wesentlichen Mischungen zweier chemischer Verbindungen sind, welche sich im Verseifungsprocesse unter Aufnahme der Elemente des Wassers in Glycerin und Fettsäuren spalten. Namen wie Stearin und Stearinsäure, Oleïn und

Ölsäure, heute in der Sprache der Wissenschaft und der Industrie alteingebürgerte Bezeichnungen, klangen den Chemikern zum ersten Male in die Ohren. Die Constitution der Fettkörper, das Wesen des Verseifungsprocesses, die Natur der Seife lag plötzlich klar vor ihren Augen. Mit Staunen finden wir alle diese Ergebnisse Ihrer Forschung, die Quintessenz unseres heutigen Wissens in diesem Gebiete, auf einer einzigen Seite Ihres Werkes zusammengedrängt. Die chemische Generation der Gegenwart, welcher die von Ihnen erkannten Wahrheiten längst in Fleisch und Blut übergegangen sind, kann sich kaum mehr eine Vorstellung von dem Eindrucke machen, welche jene Enthüllungen in den Gemüthern Ihrer damaligen Zeitgenossen hervorriefen, war doch die Fülle mannichfaltiger, oft scheinbar im Widerspruche mit einander stehender Beobachtungen über Fette und Seifen, welche langjährige Erfahrung angehäuft hatte, mit einem Male verständlich geworden!

Es liegt in dem Wesen grosser Entdeckungen, dass sie stets ein Gefolge anderer Entdeckungen nach sich ziehen, und so hat denn auch das Licht, welches Sie über Ihr eigenes Arbeitsfeld ausgegossen haben, die Leuchte entzündet, welche anderen Forschern auf benachbartem Gebiete den Pfad erhellen sollte. Die bahnbrechenden Untersuchungen von Dumas und Boullay über die zusammengesetzten Äther, Berthelot's klassische Abhandlung über die Natur des Glycerins, die glänzende Entdeckung des Glycols, mit welcher Wurtz die Wissenschaft beschenkt hat, alle diese Arbeiten, wie unbedingt ein Jeder Selbständigkeit und Eigenart derselben anerkennen muss, erscheinen gleichwohl als Früchte des Baumes, welchen Sie gepflanzt haben. Auch wird man es nicht Zufall nennen, dass es gerade der Boden von Frankreich gewesen ist, welcher diese herrlichen Früchte gezeitigt hat, stand doch den französischen Gelehrten Ihr grosses Beispiel näher vor Augen, als denen anderer Nationen, und konnten doch die mächtigen Eindrücke, die sie aus dem persönlichen Verkehre mit Ihnen schöpften, nicht ohne Einfluss auf die Wahl ihres Arbeitsfeldes und die Richtung der Wege bleiben, welche sie bei dem Anbau desselben einschlugen! Aber in viel grösserem Umfange, weit über die Grenzen Frankreichs hinaus, ist der Einfluss Ihrer Forschungen zur Geltung gelangt. Die von Ihnen inaugurirte Methode, die Natur organischer Körper durch die Einwirkung mächtiger chemischer Agentien zu erschliessen, hat sich überall, wo das Studium der organischen Chemie in Aufnahme gekommen ist, schnell eingebürgert. In unserem Vaterlande zumal hat die glückliche Verwerthung dieser Methode, welche uns in den grossen Untersuchungen Liebig's und Wöhler's unverkennbar entgegentritt, die Wissenschaft epochemachend gefördert.

Und auch nach anderer Seite hin haben Ihre Arbeiten ein grosses Beispiel gegeben. Niemals hat die in stiller Zurückgezogenheit der Beobachtung der Natur gewidmete Thätigkeit auch auf dem geräuschvollen Markte des Lebens einen glänzenderen Triumph gefeiert! Niemals ist die Wahrheit eindringlicher bezeugt worden, dass die selbstlose Pflege der Wissenschaft früher oder später eine Ernte der Erkenntniss reift, welche, indem sie auch den materiellen Bedürfnissen Befriedigung gewährt, der ganzen Menschheit zu Gute kommt!

Wohl wandelten Sie auf den lichten Höhen der Forschung, als Sie, ausschliesslich im Dienste der Wahrheit, Ihre Ziele verfolgten; allein das Gebiet, dessen Eroberung wir Ihnen danken, liegt andererseits auch wieder nur einen Schritt von dem betretenen Wege des Alltagslebens ab, und es wäre seltsam gewesen, wenn sich der Gewerbefleiss nicht alsbald bemüht hätte, die Ergebnisse Ihrer Studien den Anforderungen der Praxis dienstbar zu machen. In der That begegnen wir denn auch schon nach kurzer Frist den mächtigen Anläufen einer neuen Industrie, welche, auf Ihren Beobachtungen fussend, sich bald, weit über Ihre kühnsten Erwartungen hinaus, in noch immer wachsendem Umfange entfalten sollte. Die Industrie der Stearinsäure-Kerzen, in deren Förderung wir Sie nunmehr in Gemeinschaft mit Ihrem Freunde Gay-Lussac eintreten sehen, bildet eine Aera in der Geschichte der Beleuchtung. Nur den Älteren der heutigen Generation ist die missfarbige, unliebsamen Duft verbreitende Talgkerze noch in der Erinnerung, weich und zerfliesslich, während des Brennens unablässiger Wartung bedürfend und gleichwohl nur eine trübe, russende Flamme entsendend. An die Stelle der Talgkerze war mit einem Male die blendend weisse, geruchlose Stearinkerze getreten, klingend hart, und ohne jedwede Nachhülfe mit hellleuchtender Flamme verbrennend. Aus Ihren Händen hatte die dankbare Welt eine der Wachskerze ebenbürtige Lichtquelle empfangen, welche dem schon weit verbreiteten Gaslichte die Herrschaft streitig machen konnte und auch von der Zukunftsbeleuchtung, dem elektrischen Lichte, nicht bedroht erscheint.

Wohl mag, wenn Sie am heutigen Tage Umschau über Ihre reiche Lebensarbeit halten, Ihr Auge, hochverehrter Herr, mit Vorliebe diesen unvergleichlichen Erfolgen sich zulenken, allein in Ihrem Geiste taucht gleichzeitig die Erinnerung an mannigfache Forschungen auf, welche Ihre Theilnahme nicht minder in Anspruch nahmen. Sie gedenken zumal der nahen Beziehung zu den textilen und tinctorialen Industrieen, welche, diesen Forschungen entsprossen, Sie schon frühzeitig an die Spitze eines dem interessantesten Zweige des Kunstgewerbes gewidmeten Institutes geführt hat. Allbekannt ist es,

welche Vollendung die Technik der Gobelins, zumal nach der coloristischen Seite hin, durch ihre Wirksamkeit an dieser Stelle erreicht hat, allbekannt aber auch die Summe von wissenschaftlichen Erfahrungen über Farben und Färben, welche Sie an derselben Stelle einzusammeln Gelegenheit fanden. Niemand wird den Einfluss leugnen wollen, welchen die Wechselwirkung zwischen Wissenschaft und Industrie auf die Gestaltung der Lebensbedingungen in unserem Jahrhunderte geübt hat. Niemand wird aber auch verkennen, dass diese Verbrüderung zweier scheinbar so entgegengesetzter Kundgebungen des menschlichen Geistes durch Ihr folgenschweres Eingreifen in die Technologie der Fettkörper erweitert und befestigt, durch Ihre fördernde Thätigkeit auf dem Gebiete der Textilindustrie von Neuem besiegelt worden ist.

Hochverehrter Herr, unserer Akademie ist es an Ihrem heutigen Ehrentage inniges Bedürfniss gewesen, auf Ihre ruhmvoll durchmessene Laufbahn zurückzublicken; aber nur an wenigen besonders leuchtenden Punkten und auch nur im Fluge durften ihre Blicke haften. Wer ein volles Bild Ihres reichen Lebens gewinnen wollte, der müsste den Strom Ihrer schöpferischen Thätigkeit seinem ganzen Laufe nach verfolgen, wie er erfrischend und befruchtend sich über alle Theile der Chemie und der angrenzenden Wissenschaften ergossen hat, — der müsste den ungezählten Einzelforschungen nachgehen, in denen Sie die Natur verschiedener Mineralien und vieler Salze, sowie die Zusammensetzung zahlreicher organischer Materien festgestellt haben, — er müsste in Ihre chemisch-physiologischen Arbeiten eindringen, durch welche unsere Kenntniss der wichtigsten Secrete des thierischen Organismus so nachhaltig gefördert worden ist, in Ihre den mannichfaltigsten Fragen der öffentlichen Gesundheitspflege gewidmete Thätigkeit, — er müsste Sie auf Ihren Streifzügen in das Grenzgebiet zwischen Chemie und Physik begleiten, welche einen Einblick in die Gesetze der Farbencontraste vermittelt und die systematische Bestimmung und Benennung der Farben gelehrt haben, — er müsste Ihre Vorträge über die chemische Grundlage der Färberei studiren, — er müsste sich in die Zeit zurückversetzen, in welcher die Nebel schwindelhafter Wahnvorstellungen, von der Mode aufgewirbelt, die Geister zu umhüllen drohten, die aber alsbald zerstoben, als Sie, das Buch der Geschichte in der Hand, Ihre Zeitgenossen die Verirrungen der Gegenwart in dem Spiegel der Vergangenheit erkennen liessen. Mit dem so gewonnenen Bilde Ihrer umfassenden Lebensarbeit vor Augen würde er aber auch Ihren Namen an hervorragender Stelle in der Liste jener grossen Männer verzeichnen, welche den wissenschaftlichen Ruhm Frankreichs bis an die entferntesten Grenzen des Erdkreises getragen haben.

Möge Ihnen — dies, hochverehrter Herr, ist der Wunsch, in welchen die Akademie ihren heutigen Festgruss zusammenfasst, — möge Ihnen die wunderbare Lebenskraft, welche Sie während eines Jahrhunderts in den Stand gesetzt hat, so Grosses zu vollbringen, auch über die Schwelle Ihres zweiten Jahrhunderts hinaus noch lange Zeit hindurch ungemindert erhalten bleiben!

Berlin, den 31. August 1886.

Die Königlich Preussische Akademie der Wissenschaften.

E. Curtius. E. du Bois-Reymond. Th. Mommsen. A. Auwers.

Ausgegeben am 4. November.

Berlin, gedruckt in der Re

1886.
XLIII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

4. November. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Mommsen.

1. Hr. Brunner machte eine Mittheilung über die Benutzung der Novellen im Edictus Langobardorum.

2. Hr. Weber machte eine Mittheilung über einen im Jahre 1885 erschienenen Druck eines Auszuges aus der khalavaktracapeṭikâ, einer der beiden im Jahre 1880 von ihm behandelten Parteischriften zu Gunsten der Maga (Çâkadvîpîya-Brâhmaṇa).

3. Hr. Conze berichtete in einem aus Pergamon vom 20. October an die Classe gerichteten Schreiben über die Ergebnisse der von Hrn. Gräber angestellten Untersuchung der antiken Wasserleitungen daselbst.

Ausgegeben am 11. November.

1886.

XLIV.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

4. November. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. E. du Bois-Reymond.

1. Hr. Landolt legte eine Mittheilung des Hrn. Prof. Oscar Liebreich hierselbst über den todten Raum bei chemischen Reactionen vor.

Dieselbe folgt umstehend.

2. Unter dem 9. Juli d. J. hat der Kaiserliche Vice-Consul in Montevideo, Hr. Bodo Lehmann, an den oben genannten vorsitzenden Secretar eine Versteinerung gelangen lassen, welche im Bett des Flusses San José bei der Stadt José im gleichnamigen Departement der Republik Uruguay gefunden, von dem Sekretär des Kaiserlichen Consulates, Hrn. Fielitz, zum Geschenk für die hiesigen Königlichen Sammlungen bestimmt worden ist. Mit lebhaftem Dank für diese Aufmerksamkeit wird das schöne und merkwürdige Stück, welches sich als Schwanzpanzer eines riesenhaften Edentaten (Glyptodon *aff.* tuberculato) darstellt, dem Königlichen mineralogischen Museum überwiesen.

Über den todten Raum bei chemischen Reactionen.

Von Oscar Liebreich.

(Vorgelegt von Hrn. Landolt.)

Nach allen bisher vorliegenden Beobachtungen hat man annehmen müssen, dass eine chemische Reaction, die in Flüssigkeiten nach vollkommener Mischung stattfindet, an allen Stellen gleichmässig und gleichzeitig auftritt, falls nicht Strömungen durch ungleichmässige Temperatur stattfinden. Auf letztere Weise kann z. B. bei der Reduction des Kupfervitriols durch Traubenzucker beim Erwärmen das Kupferoxydul sich im obersten Theil zuerst bemerkbar machen. Wir wissen auch, dass in reducirenden Flüssigkeiten, welche gewisse Metallsalze enthalten die Reductionsproducte sich an den dargebotenen Flächen ablagern. Es ist aber bisher nie beobachtet worden, dass in Flüssigkeiten, immer vorausgesetzt bei vollkommener Mischung, bestimmte Theile sich der Reaction entziehen oder eine Verzögerung der Umsetzung zeigen.

Es ist mir nun gelungen, einen Raum in Mischungen zur Beobachtung zu bringen, in welchem eine chemische Reaction nicht sichtbar wird. Ich habe denselben mit dem Namen eines todten Raumes bezeichnet. Wenn ich diesen Begriff nach meinen Versuchen einführe, so möchte ich denselben dahin praecisiren, dass derselbe derjenige Raum in einer gleichmässig gemischten Flüssigkeit ist, in welchem die Reaction entweder gar nicht, verspätet oder in geringerem Maasse als in der Hauptflüssigkeit stattfindet.

Reactionsraum und todter Raum sind bei den Hauptversuchen, welche ich anführe, haarscharf von einander geschieden. — Am Besten zu demonstriren ist das Eintreten des todten Raumes beim Chloralhydrat, welches mit Natriumcarbonat nach folgender Gleichung Chloroform abspaltet

$$C_2Cl_3O_2H_3 + Na_2CO_3 = CHCl_3 + NaHCO_2 + NaHCO_3.$$

Die Abscheidung des Chloroforms geschieht, bei geeigneter Concentration und richtigem aequivalenten Verhältniss nicht in dicken öligen Tropfen, sondern als feiner Nebel, welcher sich erst allmählich zu

Tropfen am Boden ansammelt. — Der Eintritt der Reaction ist kein momentaner, sondern abhängig von Concentration und Temperatur. Man kann die Concentration für die Beobachtungen so stellen, dass der Eintritt der Reaction zwischen 1 und 25 Minuten schwankt. Diese Zeit lässt sich sogar beträchtlich verlängern.[1]

Nimmt man die Reaction in einem gewöhnlichen Reagenzglas vor, so wird ein Raum von 1 bis 3^{mm} unter dem Meniscus nicht von der Reaction betroffen, d. h. er bleibt vollkommen klar, und der Reactionsraum grenzt sich nach oben haarscharf durch eine dem Meniscus entgegengesetzt gekrümmte Fläche ab.

Der obere klar bleibende Flüssigkeitsraum ist somit der todte Raum bei der Chloralhydratreaction.

Selbst wenn man 24 Stunden das Reagenzglas ruhig stehen lässt, so ist derselbe noch sichtbar; denn es sind die Grenzen des reactionslosen Raumes durch vereinzelte Chloroformbläschen, welche sich nicht gesenkt haben, noch deutlich zu erkennen. Wird das Reagenzglas leicht geschüttelt, so dass der Chloroformnebel in den klaren Raum hineintritt, so setzt sich nach einigen Minuten das Chloroform wieder bis zur früheren Grenze ab, und die Trennung zwischen todtem Raum und Reactionsraum ist wiederhergestellt.

Bei aufmerksamer Beobachtung zeigte es sich, dass die klare Flüssigkeitsschicht durch Aufsteigen des Chloroformnebels verkleinert und nicht durch Senkung vergrössert wird.

Ich habe in verschieden geformten Gefässen den todten Raum bei dieser Reaction beobachtet. Nimmt man einen Glaskasten mit parallelen Wänden, welche einen Centimeter von einander entfernt sind, so zeigt sich auch hier der todte Raum als durch eine dem Meniscus entgegengesetzt gekrümmte Fläche begrenzt. Jedoch kann man beobachten, dass an den Stellen der grössten Krümmung eine allmähliche Ausgleichung oder eine neue Reactionszone entsteht. Nimmt man einen horizontal liegenden Glascylinder, der durch parallele Glasplatten geschlossen ist, so zeigt sich die Krümmung des Reactionsraumes ausserordentlich deutlich und schön.

Macht man die Reaction zwischen Glasplatten, die in einem spitzen Winkel zu einander geneigt sind, so dass ihre Berührungslinie vertical steht, so entspricht der Höhe des Meniscus ein tieferer Stand des todten Raumes.

In Capillar-Röhren, welche nach der Füllung horizontal gelegt werden, tritt der todte Raum auf beiden Seiten auf. Selbst wenn

[1] Ich benutzte gleiche Volumina wässeriger Lösungen von 331^{gr} Chloralhydrat und 212^{gr} Natriumcarbonat im Liter, welche um die Reactionsdauer zu verzögern, entsprechend verdünnt wurden.

man die Capillaren so fein nimmt, dass mit Hülfe 300facher mikroskopischer Vergrösserung des Lumen erkannt werden muss, so gelingt es auch hier, den Reactionsraum und todten Raum getrennt zu beobachten.

Die Reaction tritt ein unter Ausscheidung kleiner molecularer Chloroformtröpfchen in der Mitte des Flüssigkeitscylinders, während derselbe an beiden Enden klar bleibt. Bei sehr kleinen Tröpfchen in capillaren Röhren tritt überhaupt keine Reaction ein.[1]

Werden oben verschlossene Glasröhren mit den Reactionsmischungen gefüllt, so dass keine Luftblase über der Flüssigkeit steht, so zeigt sich die Zersetzung gleichmässig durch die ganze Flüssigkeit. Verschliesst man jedoch oben offene Röhren, vollständig gefüllt, mit einer kleinen durchsichtigen, in einen Bleirahmen gespannten thierischen Membran, so gelingt es, beim vorsichtigen Abheben, auch hier den todten Raum zu zeigen.

Setzt man eine an beiden Seiten offene Glasröhre auf eine feine Membran und schliesst oben ebenfalls durch eine Membran, so zeigt sich bei verticaler Stellung des Rohres, dass auch unten ein reactionsloser Raum zu beobachten ist, in welchen sich der Chloroformnebel allmählich wolkenartig hineinsenkt.

Ob an den Seiten des Gefässes sich ebenfalls die Reaction abgrenzt, habe ich bei diesen Röhrenversuchen nicht entscheiden können.

Hebt man mittels eines Capillar-Rohres von der Flüssigkeit des todten Raumes eine Probe heraus und erwärmt dieselbe, so findet sofort Zersetzung statt. Ein Beweis, dass die beiden Substanzen Chloralhydrat und kohlensaures Natron sich noch im unveränderten Zustande befunden hatten. Es musste natürlich als wichtig betrachtet werden, die Erscheinung des todten Raumes auch bei anderen, langsam verlaufenden Reactionen kenntlich zu machen. Sehr geeignet erwies sich die zwischen Jodsäure und schwefliger Säure nach folgenden Gleichungen

$$3\,SO_2 + HJO_3 = 3\,SO_3 + JH$$
$$5\,JH + HJO_3 = 3\,H_2O + 6\,J$$

eintretende Zersetzung, da von Hrn. LANDOLT nachgewiesen worden ist, dass dieselbe sich durch geeignete Verdünnung und Mischungsverhältnisse beliebig und gesetzmässig verzögern lässt.[2]

Der Eintritt der Jodreaction wird durch Zusatz von löslicher Stärke kenntlich gemacht, welche durch die plötzlich eintretende Blaufärbung das Freiwerden von Jod anzeigt.

[1] Für diese Versuche ist es nothwendig, durch Aufkochen die benutzten Flüssigkeiten von der absorbirten Luft zu befreien.

[2] H. LANDOLT, Sitzungsberichte 1885 XVI und 1886 X.

Es wurden Lösungen benutzt von 0.25^{gr} Jodsäure im Liter Wasser oder derselben Menge im Liter einer Mischung von gleichen Theilen Glycerin und Wasser.

Die schweflige Säure wurde in der Concentration angewendet, dass 5^{cbcm} ihrer Lösung in Wasser 2^{cbcm} einer einprocentigen Lösung von Kaliumpermanganat gerade entfärben.

Beim Zusammenmischen von 10^{cbcm} der Jodsäurelösung mit 3^{cbcm} der schwefligen Säure tritt die Reaction nach etwa 5 Minuten ein und zeigt in den verschiedensten Glasgefässen einen todten Raum oben, welcher je nach der Temperatur mehr oder weniger lange bestehen bleibt.

Die Jodreaction zeigt übrigens eine Erscheinung, auf die ich später zurückkommen werde, nämlich den Eintritt der Reaction im Centrum einer Röhre. Füllt man eine vertical stehende Glasröhre von 4^{mm} lichter Weite durch Ansaugen und nachherigen Verschluss mittels Kautschukschlauch und Quetschhahn mit der Reactionsmischung, die als Sperrflüssigkeit sich in einem weiteren Glascylinder befindet, so zeigt sich in der Röhre die Bildung eines feinen blauen Fadens, während die umgebende Flüssigkeit wasserklar und farblos bleibt. Allmählich geht von dem Faden die Blaufärbung durch die ganze Flüssigkeitssäule.

Bei diesem Versuch konnte zugleich beobachtet werden, dass die Reaction in dem weiteren Gefäss schneller eintritt als in dem engen Rohr.

Giesst man die Chloralhydrat- oder die Jodsäuremischungen in ein Gefäss, in welchem die Flüssigkeiten durch feine Glasperlen aufgesogen werden, so tritt gar keine chemische Umsetzung ein.

Es hat sich somit bei diesen Versuchen gezeigt,

1. dass in Flüssigkeiten der Raum der chemischen Reaction durch eine reactionslose Zone (den todten Raum) begrenzt wird, und zwar da, wo die Flüssigkeit mit der Luft in Berührung oder von der Luft durch eine feine Membran getrennt ist;
2. dass in engen Röhren die Reactionen langsamer eintreten als in weiten Röhren;
3. dass Capillarräume im Stande sind, chemische Reactionen vollkommen aufzuheben.

Mit der Fortsetzung dieser Untersuchung beschäftigt, hoffe ich demnächst, nach weiterer Ausdehnung der Versuche und Anwendung anderer chemischen Substanzen über neue Resultate berichten zu können.

Über einige historische, besonders in altspanischen Geschichtsquellen erwähnte Sonnenfinsternisse.

Von F. K. Ginzel,
Astronom am Recheninstitut der Königlichen Sternwarte.

(Vorgelegt von Hrn. Auwers am 21. October [s. oben S. 941].)

(Hierzu Taf. XIV und XV.)

Gelegentlich meiner Nachsuchungen über historische Aufzeichnungen wahrgenommener grosser Sonnenfinsternisse des Mittelalters, deren astronomische Bearbeitung in der zweiten Abhandlung meiner »Astronomischen Untersuchungen über Finsternisse«[1] enthalten ist, fand ich auch einige Notizen über in Spanien beobachtete Sonnenfinsternisse vor. Es sind dies einige von Rodericus Toletanus gesammelte Nachrichten, ausserdem die Notirungen des Bischofs Idacius. Diese Finsternisse, sowie einige andere, welche nicht in Spanien beobachtet worden sind und im Folgenden nur deshalb mit erwähnt werden sollen, weil sie mit in die Zeitgrenzen fallen, habe ich nunmehr zum Gegenstande einer besonderen Untersuchung gemacht. Denn obwohl diese Finsternisse (mit einigen später erwähnten Ausnahmen) schon bekannt sind, so haben sie bisher keine gehörige astronomische Bestimmung und noch weniger eine historisch-kritische Betrachtung erfahren. Was in ersterer Beziehung Calvisius, Riccioli, Struyck und Lambert gerechnet haben, bezieht sich nur auf die ungefähre Bestimmung der Grösse der Finsternisse für einen meist ganz willkürlich gewählten Ort und ist mit heute ganz veralteten Hülfsmitteln erlangt. Allein nicht nur die genauere Bestimmung des Sichtbarkeitsgebietes dieser Finsternisse auf dem Fundamente der gegenwärtig acceptirten Hansen'schen Mondtheorie war der Beweggrund zu einer neuen Berechnung, sondern noch mehr die sich dabei mir bietende Gelegenheit, von meinen in der dritten Abhandlung der »Astronomischen Untersuchungen über Finsternisse«[2] aus zahlreichen Sonnenfinsternissen abgeleiteten empirischen Correctionen der Mondbahn Gebrauch machen, und die durch diese Correctionen erhaltene Darstellung der Finsternisse zeigen zu können. Da diese empirischen Correctionen den völligen Anschluss der mittelalterlichen historischen Sonnenfinsternisse an die des Alterthums gestattet und ausserdem bei den einzelnen die befriedigendste

[1] Sitzungsberichte der K. Akademie der Wissenschaften zu Wien. 88. Bd. 2. Abth. Juli-Heft 1883. [2] Ebendas. 89. Bd. 2. Abth. März-Heft 1884.

Darstellung ergeben haben, so ist ihre Anwendung auf die vorliegenden Finsternisse jedenfalls von allgemeinerem astronomischen Interesse. Auch die historisch-kritische Seite der in Rede stehenden Finsternisse ist in der gegenwärtigen Abhandlung nicht vernachlässigt worden. Zu dieser, namentlich für die richtige Beurtheilung des historischen Beobachtungsmaterials sehr wichtigen Behandlungsart, hatte ich das Glück einen bereitwilligen Fachmann zu finden. Hr. Prof. Dr. Franz Rühl von der Königlichen Universität Königsberg, mit welchem ich anlässlich einer Finsterniss in Correspondenz getreten war, hatte nämlich das Entgegenkommen, nicht nur die von mir notirten historischen Finsternissberichte mit den neueren Ausgaben der Quellenschriften zu vergleichen und mich über die Vertrauenswürdigkeit der Autoren zu instruiren, sondern hat auch diese Nachrichten durch weitere mir bis dahin unbekannte vermehrt und mir alle jene Winke gegeben, welche in historischer Beziehung beachtet werden müssen, so dass ich Hrn. Prof. Rühl zu lebhaftem Danke verpflichtet bin.

Was die astronomische Feststellung der einzelnen Finsternisse anbelangt, so gehören dieselben wohl schon einer Epoche an, in welcher die Chronologie anscheinend in Ordnung geht; indessen wäre dennoch in einigen Fällen, besonders im Hinblick auf die später zu betonende Verwirrung bei Rodericus Toletanus, eine systematische Aufsuchung durch die cyclische Durchrechnung aller in die gegebenen Zeiträume fallenden Finsternisse kaum zu vermeiden gewesen, eine immerhin nicht zu unterschätzende Rechnungsarbeit. In dieser Beziehung kam mir nun das grosse Sammelwerk über Finsternisse ausserordentlich zu Hülfe, welches Hr. Prof. von Oppolzer demnächst herausgeben wird. Dieser dem Historiker bei derartigen Untersuchungen ganz unschätzbare »Canon der Finsternisse« enthält ausser den Elementen und den zur näheren Bestimmung der Sonnenfinsternisse nöthigen Hülfsgrössen betreffs der centralen Finsternisse auch die näherungsweisen Hauptcurven der Centralität. Diese Curven, in Karten eingetragen, lassen in bequemer und zugleich unzweifelhafter Weise übersehen, welche centralen Finsternisse innerhalb eines gegebenen Zeitraumes in einem Lande von Bedeutung gewesen sein können. Hr. Prof. von Oppolzer hatte die Gefälligkeit, mir die Benutzung der Correcturbogen seines derzeit noch im Druck fortschreitenden Werkes zu gestatten, wodurch ich demselben sehr verbunden bin. Aus dem »Canon« habe ich auch ausser den zu den einzelnen Fesstellungen nöthigen Curven noch die folgenden Elemente und Hülfsgrössen entnommen, deren ich bei den Bestimmungen über die Sichtbarkeitsverhältnisse bedurfte und welche ich, um keine Unterbrechung eintreten lassen zu müssen, sogleich gesammelt anführe, wobei wegen der Bezeichnungen auf die Oppolzer'schen »Syzygientafeln«[1] zu verweisen ist.

[1] Publication der Astronomischen Gesellschaft XVI. 1881.

	1. 317 Dec. 20	2. 318 Mai 16	3. 318 Juni 14	4. 318 Nov. 9	5. 319 Mai 6	6. 334 Juli 16	7. 402 Nov. 10
Canon Nr.	3635	3636	3637	3638	3639	3672	3827
m. Gr. Zt.	$1^h\,44^m.3$	$9^h\,46^m.2$	$16^h\,45^m.1$	$5^h\,56^m.8$	$2^h\,30^m.5$	$23^h\,33^m.8$	$21^h\,21^m.6$
L'	269°680	55°039	82°939	227°797	44°966	113°907	230°074
Z	+ 0.45	− 1.78	− 0.98	− 3.41	− 1.56	+ 0.60	− 3.36
ε	23.656	23.656	23.656	23.656	23.655	23.656	23.647
P	12.311	165.277	194.831	347.193	173.952	176.675	174.291
Q	14.062	165.291	193.765	346.177	175.897	174.665	175.362
log p	0.7351	0.6901	0.6927	0.7416	0.7008	0.7321	0.6912
log ΔL	9.7115	9.7647	9.7621	9.7033	9.7536	9.7174	9.7612
log q	8.7149	8.7598	8.7571	8.7088	8.7493	8.7176	8.7584
u'_a	0.5693	0.5307	0.5319	0.5737	0.5373	0.5580	0.5402
log f_a	7.6773	7.6628	7.6625	7.6758	7.6635	7.6642	7.6767
log γ	0.0618	0.0932	0.0989 n	0.0852 n	9.7214	9.4935	9.6868
μ	22°34	151°38	249°15	96°16	40°55	353°74	325°01
G	283.36	65.23	96.01	237.36	54.14	127.56	218.19
K	92.19	87.14	90.96	86.76	86.67	95.91	83.14
N'	84.6	81.4	92.4	100.8	78.4	105.8	111.4
log n	9.7136	9.7667	9.7641	9.7054	9.7557	9.7195	9.7633
log sin g	9.6133	9.5540	9.6021	9.5399	9.5348	9.6488	9.6659
log sin k	9.9983	9.9956	9.9997	9.9929	9.9917	9.9857	9.9722
log cos g	9.9599	9.9702	9.9621	9.9721	9.9728	9.9520	9.9476
log cos k	8.9390	9.1513	8.5849 n	9.2517 n	9.2844	9.4024 n	9.5397 n
log sin δ	9.6034 n	9.5170	9.6001	9.4731 n	9.4526	9.5645	9.4879 n
log cos δ	9.9619	9.9751	9.9625	9.9799	9.9818	9.9686	9.9785
Orte der Centralität:							
bei ☉ Aufgang	—	—	—	—	λ = 246° φ = + 19°	λ = 290° φ = + 31°	λ = 348° φ = + 47°
im Mittag	—	—	—	—	317 + 49	9 + 40	40 + 14
bei ☉ Untergang	—	—	—	—	42 + 41	70 + 2	100 + 7
Phase	partiell	partiell	partiell	partiell	total	ringförmig	total

	8. 447 December 23	9. 458 Mai 27	10. 464 Juli 19	11. 655 April 11	12. 659 Januar 28	13. 666 November 4
Canon Nr.	3929	3953	3968	4443	4453	4472
m. Gr. Zt.	$1^h\ 12^m.6$	$23^h\ 30^m.6$	$21^h\ 14^m.4$	$19^h\ 41^m.8$	$0^h\ 34^m.7$	$2^h\ 53^m.5$
L'	273°.149	67°.166	118°.199	24°.247	311°.424	164°.171
Z	+0.81	−1.55	+0.78	−0.18	+4.00	−0.72
ε	23.639	23.639	23.638	23.610	23.609	23.613
P	10.215	5.963	175.777	170.894	171.634	170.980
Q	10.934	3.581	177.675	173.096	169.275	172.123
$\log p$	0.6902	0.7101	0.7339	0.7053	0.7086	0.6919
$\log \Delta L$	9.7624	9.7430	9.7151	9.7482	9.7431	9.7614
$\log q$	8.7601	8.7392	8.7157	8.7447	8.7412	8.7574
u'_a	0.5398	0.5425	0.5594	0.5416	0.5493	0.5360
$\log f_a$	7.6772	7.6625	7.6643	7.6658	7.6746	7.6693
$\log \gamma$	9.9369	9.7245	9.5988	9.9026	9.8693	9.8851
μ	15°.15	352°.79	318°.96	297°.73	6°.63	46°.05
G	286.95	53.50	131.57	29.66	301.79	168.59
K	92.80	84.23	96.32	87.28	93.20	93.38
N'	83.0	74.7	107.4	73.9	79.5	118.4
$\log n$	9.7645	9.7451	9.7173	9.7503	9.7452	9.7635
$\log \sin g$	9.6185	9.6468	9.6539	9.5042	9.5408	9.6863
$\log \sin k$	9.9973	9.9865	9.9823	9.9831	9.9933	9.9450
$\log \cos g$	9.9589	9.9524	9.9507	9.9766	9.9721	9.9416
$\log \cos k$	9.0453	9.3893	9.4467 n	9.4372	9.2419	9.6750 n
$\log \sin \delta$	9.6024 n	9.5677	9.5482	9.2161	9.4776 n	9.0384
$\log \cos \delta$	9.9621	9.9681	9.9710	9.9940	9.9795	9.9974
Orte der Centralität:						
bei ⊙ Aufgang	$\lambda=296°$ $\phi=+47°$	$\lambda=294°$ $\phi=+16°$	$\lambda=320°$ $\phi=+38°$	$\lambda=341°$ $\phi=+36°$	$\lambda=294°$ $\phi=+35°$	$\lambda=212°$ $\phi=+77°$
im Mittag	342 +37	3 +55	45 +45	56 +66	350 +31	325 +67°
bei ⊙ Untergang	19 +57	96 +43	107 +6	160 +67	39 +54	30 +22
Phase	total	total	ringförmig	total	ringförmig-total	total

	14. 718 Juni 3	15. 720 October 6	16. 906 April 25	17. 912 Juni 17	18. 939 Juli 18	19. 970 Mai 7
Canon Nr.	4599	4605	5028	5042	5102	5173
m. Gr. Zt.	$1^h\ 39^m.5$	$3^h\ 40^m.5$	$22^h\ 15^m.6$	$6^h\ 2^m.3$	$20^h\ 53^m.1$	$17^h\ 34^m.1$
L'	75°.037	196°.846	40°.040	90°.559	120°.247	51°.881
Z	−1.10	−3.13	−1.07	−0.20	+1.06	−1.38
ε	23.605	23.607	23.581	23.579	23.574	23.570
P	2.899	169.822	2.320	171.484	4.981	172.572
Q	5.085	171.287	2.221	172.400	5.603	170.255
$\log p$	0.7045	0.6937	0.7447	0.6919	0.6907	0.7254
$\log \Delta L$	9.7492	9.7590	9.7014	9.7628	9.7639	9.7259
$\log q$	8.7449	8.7555	8.7051	8.7578	8.7592	8.7245
u'_a	0.5392	0.5396	0.5674	0.5317	0.5318	0.5530
$\log f_a$	7.6625	7.6733	7.6647	7.6625	7.6640	7.6638
$\log \gamma$	9.4063	9.9389	9.3497	9.8603	9.6273	9.8348
μ	30°.31	60°.46	334°.30	92°.61	311°.14	266°.78
G	61.07	192.16	29.76	104.34	108.97	62.08
K	85.27	86.42	83.39	92.34	92.35	86.99
N'	77.9	118.3	65.8	95.8	96.8	80.5
$\log n$	9.7513	9.7611	9.7036	9.7649	9.7660	9.7280
$\log \sin g$	9.6357	9.6858	9.6748	9.6135	9.5597	9.5455
$\log \sin k$	9.9918	9.9455	9.9629	9.9981	9.9974	9.9946
$\log \cos g$	9.9551	9.9418	9.9451	9.9599	9.9694	9.9714
$\log \cos k$	9.2852	9.6730 n	9.5984	8.9697 n	9.0441 n	9.1933
$\log \sin \delta$	9.5875	9.0645 n	9.4106	9.6020	9.5385	9.4977
$\log \cos \delta$	9.9648	9.9971	9.9851	9.9622	9.9724	9.9774
Orte der Centralität:						
bei ⊙ Aufgang	$\lambda=264°$ $\phi=+2°$	$\lambda=301°$ $\phi=+83°$	$\lambda=328°$ $\phi=-11°$	$\lambda=168°$ $\phi=+46°$	$\lambda=330°$ $\phi=+30°$	$\lambda=12°$ $\phi=+32°$
im Mittag	328 +38	312 +74	23 +29	269 +70	50 +45	90 +62
bei ⊙ Untergang	45 +25	13 +32	98 +36	359 +37	122 +17	185 +49
Phase	total	total	ringförmig	total	total	ringförmig

Bei der Bestimmung des Sichtbarkeitsgebietes der einzelnen Finsternisse bin ich dem Verfahren gefolgt, welches ich in den »Astronomischen Untersuchungen über Finsternisse« festgehalten habe. Aus den vorstehend mitgetheilten Zahlen wurden nämlich die Nordgrenze und die Südgrenze jenes Gebietes berechnet, innerhalb welcher die Finsterniss central gewesen ist. Da nun den Resultaten des »Canons« jene empirischen Correctionen zu Grunde liegen, welche Hr. Prof. v. Oppolzer seinen »Syzygientafeln« vorausgeschickt hat, so tragen auch die sich ergebenden Centralitätsgrenzen die ihnen durch die »Oppolzer'schen Correctionen« zukommende Darstellung. In den später zur Erwähnung kommenden Fällen wurden deshalb diese Darstellungen unter Einführung meiner eigenen schon genannten »empirischen Correctionen« wiederholt. Es traten dabei für die einzelnen Finsternisse folgende numerische Quantitäten an die Stelle:

Substituirte empirische Correctionen in den »Syzygientafeln«

	ΔT	ΔL'	Δλ' = ΔΩ	Δ I	Δ II	Δ III	Δ IV	Δ V	Δ VI	Δ VII	Δ VIII
319 Mai 6	0.0082	0°008	0°124	— 0.24	+ 0.1	+ 0.3	— 0.2	— 0.2	—	—	—
334 Juli 16	0080	008	122	— 24	+ 1	+ 3	— 2	— 2	—	—	—
402 Nov. 10	0074	007	116	— 24	+ 1	+ 3	— 2	— 2	—	—	—
447 Dec. 23	0071	007	112	— 23	+ 1	+ 3	— 2	— 2	—	—	—
655 Apr. 11	0054	005	094	— 21	+ 1	+ 2	— 2	— 2	—	—	—
666 Nov. 4	0053	005	093	— 21	+ 1	+ 2	— 2	— 2	—	—	—
718 Juni 3	0049	005	089	— 21	+ 1	+ 2	— 2	— 2	—	—	—
912 Juni 17	0036	003	071	— 18	—	+ 2	— 2	— 2	—	—	—
939 Juli 18	0034	003	069	— 18	—	+ 2	— 2	— 2	—	—	—
970 Mai 7	0032	003	067	— 17	—	+ 1	— 2	— 2	—	—	—

Um die aus der Verwendung dieser Correctionen entspringenden Verschiebungen der Centralitätszonen klar übersehen zu können, sind die Zonen auf zwei dieser Abhandlung beigehefteten Karten eingetragen: die aus den Oppolzer'schen Correctionen resultirenden Grenzen sind schwächer, die aus den meinigen entspringenden sind stärker (aber mit Verwendung derselben Bezeichnungsart) gehalten und ausserdem durch die Signatur »G. C.« kenntlich gemacht. Bei dem Datum steht die Bezeichnung der Art der Finsterniss sowie das Zeichen, ob der Mond im auf- oder absteigenden Knoten der Bahn sich befindet.

Die geographischen Coordinaten einiger später zu erwähnenden Orte sind für die Rechnungen und Karten wie folgt angenommen worden:

Chiaves	$\lambda = 352^\circ 47$	v. Gr.	$\phi = + 41^\circ 73$
Rom.......	12.45	»	41.90
Cordova	355.19	»	37.92

Toledo	$\lambda = 355^\circ 92$	v. Gr.	$\phi = + 39^\circ 88$
Byzanz	29.00	»	41.00
Oviedo	354.00	»	43.38

ferner sind in der vorliegenden Abhandlung überall, wo sich keine andere Bemerkung vorfindet, die Zeiten als mittlere Greenwicher, astronomisch gezählt, zu verstehen, und alle geographischen Längen vom Greenwicher Meridian ab gerechnet.

I. Finsternissberichte des IDACIUS.

IDACIUS, gegen Ende des 4. Jahrhunderts n. Chr. zu Lemica geboren, wurde 427 Bischof, sehr wahrscheinlich von Aquae Flaviae (= Chiaves) im nördlichen Portugal. Die folgenden Finsternissberichte sind seinen Fasti consulares und dem Chronicon entnommen (Thesaurus temporum Eusebii Pamphili, 1658), und mit neueren Ausgaben von MIGNE, RÖSLER und RONCALLI verglichen.

1. Totale Sonnenfinsterniss 319 Mai 6, $2^h 30^m.5$.

Licinio V et Crispo Caesare. His consulibus tenebrae fuerunt inter diem hora IX. (Fasti Consulares.)

Das Consulat fällt in das Jahr 318. In diesem Jahre gibt es keine bedeutende Finsterniss; der »Canon« zeigt nur die partiellen Nr. 3636, 3637, 3638: alle drei bleiben für Westeuropa unsichtbar, im Jahre 317 findet eine totale auf der südlichen Erdhälfte statt (Nr. 3634) und eine partielle 317 December 20 $1^h 44^m.3$, deren Maximalphase für Chiaves um $1^h 40^m.3$ wahre Zeit eintritt und 5.2 Zoll beträgt; im Jahre 319 aber ereignet sich eine totale und für England sehr bedeutende am 6. Mai (Nr. 3639), sonst finden sich keine brauchbaren vor; demnach ist die letztere als die gesuchte Finsterniss zu betrachten. Die Bestimmung der Centralitätszone ergibt mit den

Correctionen OPPOLZER				Correctionen GINZEL			
Nordgrenze		Südgrenze		Nordgrenze		Südgrenze	
$\lambda = 350^\circ 02$	$\phi = 52^\circ 79$	$\lambda = 349^\circ 71$	$\phi = 51^\circ 03$	$\lambda = 349^\circ 61$	$\phi = 53^\circ 21$	$\lambda = 349^\circ 27$	$\phi = 51^\circ 48$
353.02	52.59	352.85	50.84	352.78	53.01	352.43	51.29
356.40	52.31	356.03	50.58	355.98	52.74	355.62	51.03
359.64	51.98	359.24	50.25	359.23	52.40	358.84	50.71
2.90	51.56	2.49	49.85	2.50	51.99	2.10	50.31
6.22	51.08	5.79	49.38	5.82	51.51	5.39	49.84
9.57	50.52	9.13	48.83	9.17	50.94	8.74	49.29

Maximalphase für Chiaves: um $3^h 23^m$ wahre Zeit = 8.77 Zoll.

Die Lage beider Zonen zeigt Taf. XV. Die Finsterniss entgieng in Spanien sicherlich jeder Wahrnehmung, da die Phase viel beträchtlicher sein müsste, um die Aufmerksamkeit völlig unvorbereiteter Beobachter zu erregen. Diese Bemerkung stimmt auch mit der historischen Kritik, welche darthut, dass Idacius erst mit Antritt seines Bischofsitzes Aufzeichnungen über gleichzeitige Zeitereignisse gemacht, für die frühere Zeit aber seine Nachrichten aus Quellen geschöpft hat, die nicht aus Spanien stammen können, und so auch für die vorliegende Finsterniss keine spanische, sondern eine ausländische, und zwar wahrscheinlich abendländische Quelle anzunehmen ist.

2. Totale Sonnenfinsterniss 402 November 10, $21^h 21^m.6$.

Arcadio V et Honorio V. His conss. solis facta defectio III. id. Novemb. (Fasti Cons.) VIII. (Jahr des Arcad. et Honor.). Solis facta defectio tertio Idus Novembris feria secunda.[1] (Chronicon).

Das Consulatsjahr ist 402 n. Chr. In diesem Jahre fällt nur die totale Finsterniss 402 November 10 (Canon Nr. 3827) auf Westeuropa und stimmt mit der Datirung des Idacius.

Correctionen Oppolzer				Correctionen Ginzel			
Nordgrenze		Südgrenze		Nordgrenze		Südgrenze	
$\lambda=352°38$	$\phi=46°35$	$\lambda=352°59$	$\phi=45°24$	$\lambda=351°37$	$\phi=46°82$	$\lambda=351°57$	$\phi=45°71$
356.24	44.80	356.44	43.65	355.23	45.28	355.42	44.11
0.00	43.17	0.17	41.95	358.99	43.64	359.17	42.42
3.64	41.42	3.80	40.15	2.65	41.90	2.81	40.63
7.17	39.58	7.30	38.25	6.18	40.06	6.31	38.75
10.57	37.66	10.67	36.30	9.58	38.15	9.69	36.78
13.84	35.65	13.89	34.24	12.86	36.13	12.93	34.72

Die Darstellung auf Taf. XIV und XV zeigt, dass die Finsterniss auf spanischen und römischen Gebieten auffällig gewesen sein muss; da indessen Idacius seine Angaben von 399 bis 427 n. Chr., wie sich nachweisen lässt, einer italiänischen Quelle entlehnt hat, so bezieht sich die Beobachtung dahin. Ich finde (mit Oppolzer's Correctionen) für Rom die um $21^h 9^m.5$ eintretende Maximalphase = 10.4 Zoll, welche auch durch meine Correctionen kaum geändert würde.

3. Totale Sonnenfinsterniss, 418 Juli 18, $23^h 3^m.8$.

(Diese Finsterniss habe ich mit Zuziehung sämmtlicher anderweitigen historischen Quellen, S. 18 ff. der 2. Abhandlung meiner

[1] So Migne, feria tertia bei Rösler; der historisch gezählte Finsternisstag 11. November ist = feria tertia (Dienstag).

»Astronomischen Untersuchungen über Finsternisse«, behandelt und übergehe hier deshalb dieselbe.)

4. Totale Sonnenfinsterniss, 447 December 23, $1^h 12^m.6$.

XXIII. (Jahr des Theodosius II) [= Ol. 306, 3] Solis facta defectio die nono Kal. Ianuarias, qui fuit tertia feria.[1] (Chronicon.)

Auf das Datum der Chronik fällt die totale Sonnenfinsterniss Nr. 3929 des Canons. Sie verläuft wie folgt:

Correctionen Oppolzer				Correctionen Ginzel			
Nordgrenze		Südgrenze		Nordgrenze		Südgrenze	
λ = 350.06	φ = 41.74	λ = 349.97	φ = 39.35	λ = 348.76	φ = 41.06	λ = 348.68	φ = 38.69
352.87	43.17	352.73	40.79	351.55	42.45	351.41	40.11
355.78	44.81	355.58	42.38	354.45	44.06	354.25	41.72
358.82	46.59	358.56	44.14	357.47	45.83	357.21	43.44
2.01	48.51	1.67	46.04	0.62	47.72	0.30	45.32

Wie aus Taf. XIV ersichtlich, liegt Chiaves inmitten der Totalitätszone und musste die Erscheinung daselbst mit allen sie gewöhnlich begleitenden auffälligen Phaenomenen auftreten.

5. Totale Sonnenfinsterniss, 458 Mai 27, $23^h 30^m.6$.

I. (Jahr des Maiorianus et Leo.) Quinto Idus Iunias, die quarta feria, ab hora quarta in horam sextam, ad speciem lunae quintae vel sextae,[2] sol de lumine orbis sui minoratus apparuit. (Chronicon.)

In das betreffende Jahr (nämlich 458 n. Chr.) fällt nur eine auf der nördlichen Hemisphaere sichtbare Sonnenfinsterniss, die vom 27. Mai, woraus ersichtlich, dass im Chronicon statt »idus« zu setzen ist »kalendas«. Die Centralitätszone (nur mittels der Correctionen Oppolzer bestimmt) hat folgende Grenzen:

[1] So Migne, Roncalli, »die X« bei Rösler (letzteres wäre astronomisch gezählt). Möglicherweise könnte auf diese Finsterniss auch eine Stelle der Annales Esromenses Beziehung haben, obwohl letztere hier noch aus Quellen schöpfen, deren Ursprung für die ältere Zeit noch nicht aufgeklärt ist. Es heisst daselbst:

447. — Hic dies tenebrosa fuit (Langebek Script. rer. Dan. I 221).

Die Annalen sind im Allgemeinen auf Dänemark zu beziehen, die Finsterniss musste thatsächlich, wie der Curvenverlauf zeigt, in Dänemark sehr auffällig gewesen sein.

[2] Über die Grösse der gesehenen partiellen Verfinsterung gibt Isidorus Hispalensis, Origines III 53 einige Auskunft, indem er die für die Sichelgestalt des Mondes gebräuchlichen Ausdrücke erklärt. Nach diesen wäre

quarta plena Vollmond
quinta iterum dimidia ex maiore
sexta iterum sextilis.

Nordgrenze		Südgrenze	
$\lambda = 351^\circ 97$	$\phi = 52^\circ 20$	$\lambda = 352^\circ 24$	$\phi = 50^\circ 89$
354.71	53.29	354.94	52.00
357.51	54.26	357.72	52.97
0.35	55.15	0.52	53.90
3.24	55.95	3.36	54.70

Auf der Taf. XV erscheint nur ein Stück der Zone, in Spanien konnte man die Verfinsterung mit freiem Auge wahrnehmen, da die Maximalphase um $22^h\,43^m$ w. Zt. zu Chiaves immerhin 9.3 Zoll betrug. Die obige Aufzeichnung rührt von Chiaves her.

6. **Ringförmige Sonnenfinsterniss 464 Juli 19, $21^h\,14^m.4$.**

> VII. (Jahr des Leo), II. (Jahr des Severus). Decimo tertio Kal. Augusti die secunda feria, in speciem lunae quintae sol de lumine suo ab hora tertia in horam sextam cernitur minoratus (Chronicon).

Auf das angesetzte Datum (Jahr 464 Juli 20, Montag) fällt die ringförmige Finsterniss Nr. 3968 des »Canons«. Die Nordfrankreich berührende Centralitätszone (Taf. XV) läuft daselbst wie folgt (Oppolzer's Correctionen):

Nordgrenze		Südgrenze	
$\lambda = 3^\circ 06$	$\phi = 50^\circ 28$	$\lambda = 3^\circ 29$	$\phi = 49^\circ 10$
6.21	50.58	6.42	49.42
9.32	50.80	9.51	49.65
12.39	50.94	12.55	49.80
15.42	50.98	15.56	49.88
18.42	50.94	18.53	49.84

Die Aufzeichnung rührt aus Chiaves her; daselbst trat die Maximalphase ein um $19^h\,7^m$ w. Zt. in der Grösse von 9.8 Zoll.

II. Finsternissberichte des Rodericus Toletanus.

Rodericus Toletanus lebte im 13. Jahrhundert in Spanien (starb 1248) und ist kein Annalist, sondern als historischer Schriftsteller zu betrachten, welchem verschiedenartige spanische Quellen vorgelegen haben, aus denen er sein Material zog. Ein kritische Ausgabe seines Werkes gibt es bis jetzt nicht, und wie weit man sich auf seine Angaben verlassen kann, ist fraglich. Er bietet für die ältere Zeit so viel nachweisbare chronologische Verwirrung und Irrthümer, dass der Historiker, wenn überhaupt, nur mit Vorsicht von ihm Gebrauch

machen kann. Die Sachen liegen besonders in der westgothischen Periode bei Rodericus so im Argen, dass der Geschichtsforschung mit der Darlegung der astronomischen Ergebnisse der in diese Epoche fallenden Finsternisse ein Dienst geschehen wird.

1. Totale Sonnenfinsterniss 666 November 4, $2^h\ 53^m_.5$.

Huius temporibus (des Königs Recesoindus) eclipsis solis stellis meridie apparentibus omnis Hispania territatur. (Schottus, Hispania illustrata II. 52 [Frankfurt 1603]).

König Recesoindus wurde Mitregent seines Vaters Kindasvinth am 22. Juni 649, alleiniger Herrscher des westgothischen Reiches am 30. September oder 1. October 652 und starb am 1. September 672 n. Chr. Es handelt sich um eine sehr grosse, um die Mittagszeit im grössten Theile Spaniens (in der Residenz Toledo sehr wahrscheinlich beobachtete) sichtbare Sonnenfinsterniss. Eine auf den Zeitraum 639 bis 678 ausgedehnte Einzeichnung aller Finsternisse des »Canons« zeigt vier in Spanien bedeutende:

a) Eine totale 655 April 11, $19^h\ 41^m_.8$. — Centralitätszone:

Correctionen Oppolzer				Correctionen Ginzel			
Nordgrenze		Südgrenze		Nordgrenze		Südgrenze	
λ=351°43	φ=39°59	λ=351°93	φ=38°26	λ=350°27	φ=40°24	λ=350°79	φ=38°88
354.95	40.62	355.48	39.25	353.79	41.29	354.33	39.88
358.34	41.77	358.87	40.34	357.17	42.43	357.74	40.97
1.60	42.99	2.17	41.49	0.43	43.67	1.03	42.13
4.75	44.30	5.36	42.72	3.58	44.98	4.20	43.38

Diese Finsterniss (Taf. XIV) durchläuft das centrale Spanien, erfährt durch meine empirischen Correctionen eine starke Verschiebung nach Norden, so dass Toledo ausserhalb der Totalität zu liegen kommt, würde aber mehr als vier Stunden vor Eintritt des Mittags stattgefunden haben.

b) Die zweite ist die ringförmig-totale 659 Januar 28, $0^h\ 34^m_.7$. Diese würde der Zeit nach (meridie) am besten passen, doch liegt ihre Centralitätszone auf Nordafrica und geht über Sardinien nach Mittel-Italien; die südlichen Küstenstädte Spaniens würden die Verfinsterung noch sehr gross gesehen haben, für Toledo betrug (Correctionen Oppolzer) die um $0^h\ 42^m$ w. Zt. eingetretene Maximalphase immmer noch über 10.7 Zoll. Den (wenn auch übertriebenen) Ausdruck »omnis Hispania« erfüllt sie in keiner Weise.

c) Die dritte eine totale 666 November 4, $2^h\ 53^m_.5$. Centralitätszone (Taf. XIV):

Correctionen Oppolzer				Correctionen Ginzel			
Nordgrenze		Südgrenze		Nordgrenze		Südgrenze	
$\lambda=351\overset{\circ}{.}56$	$\phi=45\overset{\circ}{.}23$	$\lambda=350\overset{\circ}{.}38$	$\phi=41\overset{\circ}{.}81$	$\lambda=350\overset{\circ}{.}39$	$\phi=46\overset{\circ}{.}06$	$\lambda=349\overset{\circ}{.}20$	$\phi=42\overset{\circ}{.}57$
353.83	42.58	352.66	39.29	352.67	43.42	351.47	40.03
356.14	40.06	354.99	36.86	354.97	40.84	353.79	37.57
358.51	37.63	357.39	34.56	357.34	38.39	356.19	35.26
0.98	35.36	359.90	32.41	359.80	36.08	358.69	33.09
3.55	33.22	2.52	30.40	2.37	33.92	1.30	31.01

Diese Totalitätszone ist sehr breit, erfährt durch meine Correctionen eine nur geringe Verschiebung und würde ihrer ganzen Lage nach meines Erachtens den Ausdruck »omnis Hispania« am besten rechtfertigen. Das Maximum war für Toledo (Correctionen Oppolzer) um $3^h 11^m$ w. Zt. im Betrage von 12.0 Zoll, also sehr wahrscheinlich mit Hervortreten der helleren Sterne verbunden.

d) Eine ringförmige 671 December 6, $20^h 53\overset{m}{.}8$. Diese Finsterniss kann nur um die Zeit des Sonnenaufganges an der Ostküste Spaniens sichtbar gewesen sein, da ihre Centralitätszone von hier aus ihren Ausgang nimmt und weiter über Algier nach Nubien läuft; sie bedarf keiner weiteren Beachtung.

Es bleibt somit nur die Entscheidung zwischen den beiden Finsternissen von 655 und 666 n. Chr., und ich glaube, dass man sich für die letztere aussprechen müsse, nicht allein wegen der Breite der Totalitätszone, welche einem sehr grossen Theile Spaniens die auffälligen Erscheinungen der Totalität vorführte, sondern auch, weil es vielleicht gestattet ist, den Ausdruck »meridie« bis zur dritten Stunde nach Mittagseintritt auszudehnen. — Die Finsterniss von 655 würde sich sogar von selbst ausschliessen, wenn man einer Angabe des Rodericus Toletanus trauen dürfte: dieser sagt, dass Recesoindus seit 695 (spanische Aera) = 657 n. Chr. regiert habe.

2. Totale Sonnenfinsterniss 718 Juni 3, $1^h 39\overset{m}{.}5$.

Die ursprüngliche Stelle findet sich in der Chronik des Isidorus Pacensis, welcher um 792 (spanische Aera) = 754 n. Chr. in Spanien, sehr wahrscheinlich im arabischen Spanien (vermuthlich zu Cordova oder Beja) schrieb.

Per idem tempus[1] incipiente Aera 757 anno Arabum 100[2]

[1] Zur Zeit des arabischen Statthalters El-Horr (von Cordova).

[2] Das Datum 718 Juni 3 nach der Zählweise der arabischen Astronomen umgesetzt wäre der 29. Schewwâl des Jahres 99 der Hedschra. Das Jahr 100 fängt erst am 2. August an. Der Ausdruck »incipiente« ist so zu verstehen, dass die ganze erste Hälfte des Jahres damit bezeichnet wird. »Aera 757« müsste auf 756 (= 718) corrigirt werden, wo dann die Finsterniss in die erste Hälfte dieses Jahres fiele.

in Hispania deliquium solis ab hora diei septima usque in horam nonam fieri,[1] stellis visis a nonnullis fuisse dignoscitur; a plerisque non nisi tempore Zamae successoris[2] hoc apparuisse convincitur.[3]

Rodericus Toletanus erwähnt diese Finsterniss ebenfalls (Schottus, Hispania illustrata II p. 168), indem er erzählt, dass Suleiman im Jahre 98 der Hedschra[4] zur Regierung gekommen sei und 3 Jahre regiert habe, und unter seiner Herrschaft jene grosse Sonnenfinsterniss vorgefallen sei »ab hora sexta usque ad horam nonam«. Wie sich aus der Übereinstimmung anderer Nebenumstände ergiebt, schöpft Rodericus in diesem Abschnitte jedenfalls aus Isidorus Pacensis. Der Unterschied in der Angabe der Zeitdauer der Finsterniss ist bedeutungslos, weil Versehen von Copisten oder Herausgebern beider Autoren sehr wahrscheinlich sind, zumal kritische Ausgaben beider Schriftsteller nicht existiren. Die letzten Worte des Isidorus zeigen übrigens, dass die Finsterniss auch schon der Zeit des Samah, des Nachfolger El-Horr's angehört haben kann.

Es handelt sich also um eine Finsterniss, die um das Jahr 100 der Hedschra, mit Rücksicht auf die chronologischen Zweifel etwa 718 oder 719 n. Chr., in Südspanien um die erste bis dritte Nachmittagsstunde mit bedeutenden Totalitätserscheinungen eingetreten ist. — Der »Canon« lässt klar übersehen, dass um die genannte Zeit in Spanien überhaupt nur zwei Finsternisse von Bedeutung sein konnten, nämlich

a) eine totale, 718 Juni 3, $1^h 39^m.5$ (Nr. 4599).

Correctionen Oppolzer				Correctionen Ginzel			
Nordgrenze		Südgrenze		Nordgrenze		Südgrenze	
$\lambda = 347°.94$	$\phi = 41°.30$	$\lambda = 347°.86$	$\phi = 39°.87$	$\lambda = 348°.02$	$\phi = 40°.84$	$\lambda = 347°.91$	$\phi = 39°.42$
351.42	41.19	351.31	39.77	351.55	40.57	351.41	39.17
354.96	41.08	354.80	39.53	355.13	40.16	354.96	38.78
358.56	40.97	358.34	39.38	358.77	39.59	358.59	38.22
2.22	40.84	1.94	39.18	2.46	38.86	2.29	37.50
Maximalphase für Cordova:							
$2^h 43^m.3$ w. Zt. = 11.3 Zoll				$2^h 49^m.0$ = 11.6 Zoll			

[1] Die Zählung der Tagesstunden ist hier nach arabischem Gebrauche zu verstehen, d. h. unter obiger Angabe die erste bis dritte Nachmittagsstunde.

[2] Samah kam im Jahre 100 der Hedschra nach Spanien.

[3] Henrique Florez: España Sagrada. Segunda edicione. Madrid 1769. T. VIII, p. 304. — Mehrere Mittheilungen über diese Finsterniss verdanke ich der Güte des Hrn. Prof. Dr. A. Müller in Königsberg.

[4] Diese Angabe ist unrichtig; Suleiman regierte 96 bis 99 der Hedschra, woraus ersichtlich, dass Rodericus hier willkürliche Verbindungen und irrthümliche chronologische Fixirungen vornimmt.

Wie aus der Lage beider Zonen ersichtlich (Taf. XIV), ergeben meine Correctionen hier eine ziemlich bessere Darstellung.

b) Eine andere ebenfalls totale 720 October 6, $3^h 40^m.5$ (Nr. 4605) konnte in Südspanien nur partiell sein. Der allenfalls in Betracht kommende Theil ihrer Centralitätszone (Oppolzer's Correctionen) verläuft wie folgt (Taf. XIV):

Nordgrenze		Südgrenze	
$\lambda = 344^\circ.16$	$\phi = 38^\circ.66$	$\lambda = 343^\circ.26$	$\phi = 36^\circ.07$
347.41	36.66	346.55	34.24
350.87	35.05	350.05	32.76
354.59	33.89	353.79	31.71
358.56	33.09	357.76	30.97

Eine sehr erhebliche Verschiebung dieser Finsterniss nach Norden wäre nur durch empirische Correctionen denkbar, welche für die heutige Astronomie kaum annehmbar sein würden. Auch fällt sie der Zeit nach ungünstiger; es ist also nicht zu zweifeln, dass man in jener vom 3. Juni 718 die Finsterniss des Isidorus Pacensis vor sich hat.

3. Totale Sonnenfinsterniss 939 Juli 18, $20^h 53^m.1$.

Struyck hat S. 120 seiner »Inleiding tot de algem. Geogr. 1740« für eine von Rodericus Toletanus unter den Berichten über den König Ranimirus angegebene Finsterniss das Datum 912 Juni 17 gefunden. An fraglicher Stelle lib. V c. 7 (Schottus a. a. O. S. 85) ist von einer zwischen Ranimirus und den Arabern gelieferten Schlacht die Rede: caesi Arabes, nec fuga, nec strage, sed victoria caruerunt et secunda feria in festo scilicet sanctorum Iusti et Pastoris, ex Arabibus usque ad octoginta milia perierunt. Nach Erzählung dieser Kämpfe heisst es: Tunc fuit solis eclipsis per unam totam horam diei. Tunc rex et sui cum multis spoliis et multa turba pedisequa captivorum revertitur gloriose. Die Struyck'sche Sonnenfinsterniss (Nr. 5042 des Canons) hat folgenden Verlauf:

Correctionen Oppolzer				Correctionen Ginzel			
Nordgrenze		Südgrenze		Nordgrenze		Südgrenze	
$\lambda = 343^\circ.64$	$\phi = 46^\circ.94$	$\lambda = 342^\circ.45$	$\phi = 43^\circ.50$	$\lambda = 342^\circ.27$	$\phi = 47^\circ.49$	$\lambda = 341^\circ.06$	$\phi = 44^\circ.01$
347.06	44.89	345.94	41.53	345.69	45.44	344.55	42.05
350.63	42.87	349.58	39.62	349.23	43.39	348.19	40.13
354.30	40.87	353.34	37.71	352.92	41.39	351.94	38.21
358.14	38.91	357.27	35.87	356.74	39.44	355.85	36.36

Wie Taf. XIV zeigt, ist die Zone günstig gelegen, so dass die Totalität nicht nur im maurischen, sondern auch im christlichen Theile Spaniens von grosser Auffälligkeit sein musste. Allein dieser Fixirung steht der Umstand entgegen, dass die Schlacht aus historischen Gründen, obwohl die Berichte von einander abweichen, in das Jahr 939 gesetzt wird und die Sonnenfinsterniss der Zeit nach nicht viel später gefallen sein muss; noch gewichtiger ist das Bedenken, dass Ranimirus (dies ist der gewöhnlich als Ramiro II. bezeichnete König von Leon) nach älterer Ansicht von 930 bis 950 n. Chr., nach den Untersuchungen von DOZY[1] frühestens vom März 931 bis zum Januar 951 regiert hat. Schlacht und Sonnenfinsterniss sind in seine Regierungszeit gefallen. — Eine Benutzung des »Canons« zeigt nun, dass innerhalb des über die Grenze hinausgedehnten Zeitraumes von 905 bis 960 n. Chr. in Spanien ausser der Finsterniss von 912 und einigen gut bemerklichen partiellen (924 Mai 6, 934 April 16) namentlich nur noch die grosse totale Sonnenfinsterniss von 939 Juli 18 von grosser Auffälligkeit gewesen sein kann. Diese Finsterniss habe ich schon in den »Astronomischen Untersuchungen über Finsternisse« behandelt[2] und gezeigt, dass sie besonders von italiänischen Quellen als sehr bedeutend geschildert wird. Die Centralitätszone (OPPOLZER's Correctionen) gebe ich, soweit sie Italien berührt, Taf. XV nochmals wieder und setze jetzt noch den Verlauf in Spanien hinzu:

Correctionen OPPOLZER				Correctionen GINZEL			
Nordgrenze		Südgrenze		Nordgrenze		Südgrenze	
λ = 351°01	φ = 38°90	λ = 351°54	φ = 36°59	λ = 349°54	φ = 38°55	λ = 350°05	φ = 36°24
353.54	39.77	354.07	37.45	352.08	39.41	352.60	37.10
356.04	40.56	356.57	38.26	354.56	40.25	355.09	37.91
358.49	41.39	359.03	39.03	357.02	41.04	357.54	38.69
0.91	42.12	1.45	39.76	359.44	41.76	359.97	39.41

Taf. XIV gibt beide Zonen; aus der Lage derselben ist ersichtlich, dass die Finsterniss die bedeutendste aller war, die während der Regierung des Ramiro II sich ereignen konnten. Abgesehen von diesem rein astronomischen Ergebniss sprechen aber noch einige Quellen für die letztere Finsterniss, die ich Hrn. Prof. Dr. F. RÜHL verdanke:

1. SAMPIRO, cap. 22: Postea Abderrachman, rex Cordubensis, cum magno exercitu Septimancas properavit. Tunc ostendit deus signum magnum in caelo et conversus est sol in tenebras in universo mundo per unam horam. Rex noster

[1] Recherches sur l'histoire et la littérature de l'Espagne, 2me éd. I 162, 186.
[2] Zweite Abhandlung S. 47.

catholicus haec audiens illuc ire disposuit cum magno exercitu et ibidem dimicantibus ad invicem dedit Dominus victoriam regi catholico, qualiter die II. feria imminente festo Sanctorum Iusti et Pastoris,[1] deleta sunt ex eis LXXX milia Maurorum. (Florez: España sagr. XIV, pag. 466 sq.).

2. Masudî,[2] Goldene Wiesen (nach der französischen Übersetzung bei Dozy[3]): Abdérame .... livra bataille à Ramire dans le mois de Chauwâl de l'année 327,[4] trois jours après l'éclipse qui eut lieu dans ce mois.

3. Bischof Luidprand von Cremona, der in persönlichen Beziehungen zu Spanien stand, berichtet in seiner Antapodosis V, c. 2, einem Buche, welches an den Bischof Recemund von Eloira gerichtet ist, mit denselben Worten, wie in der »Geschichte seiner Zeit«: Hoc in tempore .... sol magnam et cunctis terribilem passus est eclipsin, sexta feria, hora diei tertia, qua etiam die Abderahamem, rex vester, a Radamiro christianissimo rege Gallitiae in bello est superatus. Von hier ist die Stelle auf viele Annalen übergegangen.

4. Annales S. Galli maiores (geschrieben 956): Eclipsis solis facta est circa horam tertiam diei XIV. Kal. Aug. in IV. anno Ottonis regis (d. i. 939) in VI. feria, luna XXIX. Eodem die in regione Galliciae innumerabilis exercitus Saracenorum a quadam regina, nomine Toia (d. i. die Königin von Navarra) penitus extinctus est.

Die Finsterniss fiel also auf den Tag Indict. 12, XIV. Kal. Aug. VI. feria und fand in der dritten bis vierten Tagesstunde statt; drei Tage darauf wurde nach Masudî die Schlacht geliefert.

III. Über einige andere in dieselben Zeitgrenzen fallende historische Sonnenfinsternisse.

1. In der Astronomica des Firmicus Maternus (I, 2) ist folgendes erwähnt: Cum sol medio diei tempore lunae radiis, quasi quibusdam obstaculis, impeditus cunctis mortalibus fulgida splendoris sui denegat

[1] Das ist Montag, 6. August.

[2] Araber, geboren zu Bagdad; auf grossen Reisen im Morgen- und Abendlande lebend.

[3] A. a. O., S. 182.

[4] Der 1. Schewwâl 327 = 22. Juli 939. Bemerkung von Dozy: Au reste, il y a ici une légère erreur, car le 22. juillet correspond justement au 1er Schauwâl; à l'époque de l'éclipse on était encore dans le mois de Ramadhân.

lumina, quod Optatii et Paulini consulato (ut de recentioribus loquar) cunctis hominibus futurum mathematicorum sagax praedixit intentio.

Diese in das Consulat des Optatius und Paulinus fallende Sonnenfinsterniss dürfte der Beschreibung nach unzweifelhaft sehr gross, wenn auch nicht total gewesen sein; die Beobachtung stammt sehr wahrscheinlich aus Sicilien, da Firmicus Maternus, ein Sicilianer, seine ganze Lebenszeit auf der Insel zugebracht zu haben scheint. Das Consulatsjahr ist 334 n. Chr. In diesem Jahre finden zwei Sonnenfinsternisse statt, wovon die eine sich ausschliesst, da sie auf die südliche Hemisphaere fällt; die andere ringförmige ist die gesuchte und verläuft wie folgt:

334 Juli 16, 23^h $33^m.8$ (Nr. 3672 des Canons) (Taf. XV).

Correctionen Oppolzer				Correctionen Ginzel			
Nordgrenze		Südgrenze		Nordgrenze		Südgrenze	
$\lambda =$ 8°83	$\phi =$ 41°03	$\lambda =$ 8°72	$\phi =$ 40°23	$\lambda =$ 9°69	$\phi =$ 41°43	$\lambda =$ 9°60	$\phi =$ 40°66
11.24	40.07	11.12	39.26	12.11	40.47	12.00	39.69
13.60	39.01	13.46	38.19	14.50	39.42	14.36	38.63
15.94	37.81	15.79	37.02	16.84	38.26	16.69	37.46
18.23	36.59	18.07	35.75	19.15	37.01	18.97	36.19
20.50	35.22	20.32	34.37	21.43	35.64	21.24	34.80

2. In Michaelis Glycae Annales (recognovit Im. Bekker. Bonnae 1836. p. 556 sq.) sind zur Zeit des Kaiser Constantin, Sohn Leo's des Weisen (904 n. Chr.) zwei Cometenerscheinungen angegeben. Beide Cometen sind um mehrere Jahre von einander verschieden. Zwischen beide fällt die Stelle:

Κατ᾽ ἐκεῖνον δὴ τὸν καιρὸν ἔκλειψις ἡλίου μεγίστη γέγονεν· οὗ χάριν ὁ βασιλεὺς τὸν ἀρχιερέα Συνάδων Πανταλέοντα μετεκαλέσατο, ἔμπειρον ἀστρονομίας ὑπάρχοντα. Καὶ τί τὸ ἀποτέλεσμα τῆς ἐκλείψεως ἐρωτηθεὶς εἰς τὸ δεύτερον ἔλεγε πρόσωπον τὴν κάκωσιν ἐπελθεῖν. Ἀλλὰ καὶ αὐτὸς ὁ Σαμωνᾶς ἰδίᾳ τὸν σοφὸν παραλαβὼν καὶ ἐρωτήσας ἔμαθεν ὡς αὐτὸς κακωθήσεται· πλὴν εἰ τὴν τρίτην τοῦ Ἰουνίου παρελεύσεται ἀβλαβής, δεινὸν ἔκτοτε πάθοι οὐδέν.

Accidit id temporis maximus solis defectus, cuius causa Pantaleontem Synadensem pontificem ad se imperator arcessivit, hominem astronomiae peritum. Is rogatus quem illius eclipsis effectum fore statueret, respondit alteri ab imperatore personae casum adversum portendi. Quin etiam Samonas ipse sapientem hunc virum peculiariter abductum de re tota consulit, et futurum cognoscit ut ipsi calamitas accideret; sin autem tertium diem Iunii salvus evaderet, ab eo tempore nihil illi molesti eventurum.

Die Finsterniss, welche sicher zu Byzanz beobachtet wurde, fiele nach dem Texte später als 904 n. Chr. und, wie sich aus der letzten Bemerkung schliessen lässt, vor den 3. Juni. Eine Durchmusterung des »Canons« zeigt, dass innerhalb ansehnlich erweiterter Zeitgrenzen die ringförmige Sonnenfinsterniss 906 April 25, $22^h\,15^m\!.6$ (Nr. 5028 des Canons) am besten in die Epoche einreihbar ist. Sie ist die bedeutendste, die um die Zeit der Geburt Constantin's zu Byzanz bemerkt werden konnte. Die Centralitätszone verläuft südlich, über Syrien und Armenien, doch betrug die Maximalphase der Finsterniss zu Byzanz um $0^h\,58^m$ noch $9^1/_2$ Zoll (Oppolzer's Correctionen). — Diese Finsterniss findet sich übrigens in Lambert's Sammlung historischer Finsternisse nicht vor.

3. Derselbe byzantinische Schriftsteller berichtet (ebendas. 575 f.), nachdem die Sonnenfinsterniss von 968 n. Chr.[1] geschildert und darauf die Ermordung des Kaisers Nicephorus erzählt worden ist:

... ἔκτοτε οὖν τὰ τοῦ ἐμφυλίου πολέμου κατὰ τὸν προφανέντα κομήτην λαμβάνει ἀρχήν. Κατὰ τοῦτον μέντοι τὸν καιρὸν καὶ ἔκλειψις ἡλίου γέγονεν, ὥστε καὶ ἄστρα φανῆναι.

... Mox et intestina bella, quae conspectus antea cometes portenderat, exorta sunt. Itidem solis quoque tantus accidit defectus ut ipsa sidera conspicerentur.

Diese der Beschreibung nach zu Byzanz sehr grosse Finsterniss ist die ringförmige von 970 Mai 7, $17^h\,34^m\!.1$ (Nr. 5173 des »Canons«):

Correctionen Oppolzer				Correctionen Ginzel			
Nordgrenze		Südgrenze		Nordgrenze		Südgrenze	
$\lambda = 22^\circ\!.83$	$\phi = 36^\circ\!.71$	$\lambda = 23^\circ\!.13$	$\phi = 35^\circ\!.84$	$\lambda = 22^\circ\!.05$	$\phi = 37^\circ\!.21$	$\lambda = 22^\circ\!.35$	$\phi = 36^\circ\!.38$
26.30	38.24	26.60	37.42	25.53	38.74	25.82	37.93
29.68	39.79	29.96	39.01	28.88	40.29	29.16	39.54
32.92	41.35	33.18	40.61	32.12	41.86	32.40	41.14
36.05	42.92	36.32	42.21	35.26	43.44	35.51	42.75

Wie man aus der auf Taf. XV zur Anschauung gebrachten Darstellung beider Zonen ersieht, geben hier meine Correctionen eine beträchtlich bessere Übereinstimmung mit dem Berichte des Byzantinischen Geschichtschreibers.

4. Schliesslich seien noch zwei historische Finsterniss-Beobachtungen erwähnt, welche der Astronomie bisher unbekannt geblieben sind. Beide finden sich im Codex Escorialensis R II 18 auf fol. 65, die Facsimile bei Ewald und Loewe (Exempla scripturae Visigoticae, Taf. 6) und lauten wie folgt:

[1] Bearbeitet in der zweiten Abhandlung der »Astronomischen Untersuchungen über Finsternisse« S. 49.

Obscuratus est sol in era DCCC : XVI: tertia Klds septembres ora undecima diei luna X et in era DCCC : XVII : XVII Klds septembres ora secunda diei luna XX.[1]

Wie mir Hr. Prof. RÜHL mittheilt, stammen diese Aufzeichnungen der Handschrift nach zweifellos von einem Spanier, und, dem hohen Alter der Schrift nach zu schliessen, vielleicht von einem Zeitgenossen der Finsternisse. Die Aufzeichnung ist wahrscheinlich in Asturien entstanden, von wo sie aus Oviedo in den Escurial gelangt ist. Da betreffs der Jahresangaben hier nur die spanische Aera gemeint sein kann, so handelt es sich um zwei im Jahre 778 n. Chr. am 30. August und 779 n. Chr. am 16. August in Asturien (Oviedo) beobachtete Sonnenfinsternisse. — Ich habe für die Aufsuchung nur meine eigenen empirischen Correctionen zugezogen. Die zweite Finsterniss fand sich sofort. Es ist die totale von 779 August 15, $23^h 10^m\!.0$; ihre Centralitätszone liegt südlich von Spanien und geht über das nördliche Marokko, die Verfinsterung war demnach in Südspanien sehr beträchtlich, aber auch die für Oviedo geführte nähere Untersuchung ergibt das um $21^h 42^m$ w. Zt. eingetretene Maximum noch nahe 10 Zoll. Die Finsterniss hat daselbst, wenn man den Tag von Sonnenaufgang ab zählt, in der vierten Tagesstunde stattgefunden. — Was die erste der beiden in Rede stehenden Finsternisse anbelangt, so findet sich nur die ringförmige 778 August 26, $10^h 11^m\!.7$ vor, welche für Oviedo unsichtbar bleibt. Da auch sonst der Zeit nach vor- oder zurückliegend keine Finsterniss zu finden ist, welche dem Monatsdatum nach passen wollte, so ist kein Zweifel, dass in der historischen Angabe Irrthümer vorhanden sind, die leicht vorgefallen sein können, im Falle der Schreiber seine Notiz nicht selbständig verfasst, sondern abschriftlich von einem Anderen entlehnt hat.

Aus den vorstehenden Resultaten erhellt, dass die historischen Beobachtungsberichte der zur Sprache gekommenen Finsternisse durch meine empirischen Correctionen der Mondbahn sehr befriedigend dargestellt werden und dass hieraus derzeit jedenfalls nicht die Nothwendigkeit hervorgeht, an diesen Correctionen eine Änderung vorzunehmen.

---

[1] Publicirt in der Bibliotheca pt. Latin. Hispan. Herausgegeben von WILH. v. HARTEL. Wien 1886. S. 133.

Ausgegeben am 11. November.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1886.

XLV.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

11. November. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Mommsen.

Hr. Pernice las: Zum römischen Sacralrechte. II.
Die Mittheilung erfolgt in einem der nächsten Berichte.

Adresse an Hrn. Zeller zur Feier seines fünfzigjährigen Doctorjubiläums am 25. August 1886.

(Überreicht am 31. October 1886.)

Verehrter Herr College!

Am 25. August feierten Sie die fünfzigjährige Wiederkehr des Tages, an welchem Sie von der Universität Tübingen zum Doctor der Philosophie ernannt und damit in eine wissenschaftliche Thätigkeit eingeführt worden sind, deren Ausdehnung und Gehalt uns mit Staunen erfüllt, deren tiefgreifende Einwirkung ganz besonders dieses Fest offenbart, an dem Ihnen einmüthiger Glückwunsch und Dank von allen Seiten entgegengebracht wird.

Eigene Neigung und die Richtung Ihrer Freunde, vor allem des Ihnen so eng verbundenen Ferd. Christ. Baur, führten Sie zuerst aus philosophischen und philologischen Studien heraus auf den theologischen Plan, und Sie schlugen unter den Vorkämpfern der Tübinger Schule die Schlachten mit, welche für die theologische Wissenschaft die Freiheit zurückeroberten, unbeirrt von dogmatischen Voraussetzungen die historische Wahrheit ermitteln und die historische Kritik auch auf die religiösen Urkunden anwenden zu dürfen. In diesem Sinne haben Sie lange Jahre als Herausgeber der theologischen Jahrbücher gewirkt und darin u. A. Ihre 'Apostelgeschichte' veröffentlicht, ein Werk, das Ihren Namen mit dem Ruhme der Tübinger Schule für immer verknüpft hat.

Die fruchtbare Methode, die Sie auf dem theologischen Felde erprobt hatten, sollte sich ganz besonders auf dem Gebiete der Geschichte der Philosophie bewähren, dem Sie in späteren Jahren Ihre Hauptthätigkeit zugewandt haben. Mit besonderer Vorliebe haben Sie dabei die griechische Philosophie behandelt. Die Liebe zur hellenischen Litteratur, die Ihnen Ihr Vater bereits im zartesten Alter eingepflanzt, die das Gymnasium sodann weiter entwickelt hatte, fand während Ihrer Universitätsstudien in Platon den festen Mittelpunkt. Diese scharfsinnigen und kühnen 'Platonischen Studien' liessen bereits in dem Jüngling den kommenden Meister ahnen. Bald darauf, noch

mitten in theologischer Arbeit, fassten Sie den gewaltigen Plan, 'die griechische Philosophie in ihrer geschichtlichen Entwickelung' darzustellen. Als 1844 der erste Band dieses Werkes erschien — Sie zählten kaum dreissig Jahre —, war eben die Hochfluth der Hegel-schen Philosophie, die auch Ihren Kreis mächtig erfasst hatte, bereits abgelaufen. Sie hatte einen fruchtbaren Niederschlag zurückgelassen, die Idee einer innerlich nothwendigen, mit immanenter Dialektik gesetzmässig sich vollziehenden Entwickelung der Menschheit. Dies war die Grundanschauung, von der Sie bei der Darstellung der griechischen Philosophie ausgingen, die aber niemals Ihre Auffassung der Thatsachen dogmatisch beeinflussen konnte. Denn Sie brachten von Ihrer historisch-theologischen Schulung her eine solche Achtung vor dem Thatsächlichen, und zugleich eine so eindringende, objective Würdigung der Überlieferung mit, dass eine mit seltener Selbstverleugnung durchgeführte Unparteilichkeit der Darstellung erreicht wurde. Zu diesen Vorzügen kam eine musterhafte Verarbeitung des gelehrten Materials und vor allem eine krystallhelle, in unserer wissenschaftlichen Litteratur nicht oft erreichte Klarheit des Stils hinzu, so dass es leicht verständlich ist, wie Ihr in wiederholter Neubearbeitung immer mehr vervollkommnetes Werk jetzt eine unbestrittene Herrschaft auf diesem Gebiete ausübt und bereits in die Nachbarlitteraturen übergegangen ist. Dieselben Vorzüge zeichnen auch Ihre kürzer gefasste 'Geschichte der deutschen Philosophie seit Leibniz' aus. Daneben wurden in monographischer Form zahlreiche Einzelfragen, auch aus dem Gebiete der systematischen Philosophie, in eindringender Weise behandelt.

Aber mit der Forschung haben Sie die Aufgabe der Wissenschaft keineswegs abgeschlossen erachtet, sondern an den vielen Orten Ihrer akademischen Wirksamkeit haben Sie durch Ihre Vorträge nicht nur auf die lernbegierige Jugend aller Facultäten, sondern auch über diesen Kreis hinaus gewirkt. Sie haben es für den Beruf des Philosophen gehalten, in wichtigen Tagesfragen das Wort zu ergreifen und die Blicke von den niederen und einseitigen Interessen der Gegenwart auf die allgemeinen, ewigen Ideen zu lenken. Durch diese auch durch den Druck veröffentlichten 'Vorträge und Abhandlungen' haben Sie einen Strom edelster Bildung in weite Kreise unserer Nation geleitet und unserer Litteratur zugleich Muster wahrhaft populärer Darstellung geschenkt.

Wenn wir als Gelehrte und Deutsche Ihnen für alles dies unseren freudigen Dank abstatten, so fühlt sich die Akademie Ihnen noch besonders verpflichtet. Sie haben nicht nur an unserer wissenschaftlichen Arbeit hervorragenden Antheil genommen, sondern auch auf

ihre ganze Organisation fort und fort den wohlthätigsten Einfluss ausgeübt. Der Philosophie kommt das schöne Amt zu gegenüber der immer stärker werdenden centrifugalen Tendenz der Einzelwissenschaften den zusammenhaltenden Mittelpunkt zu bilden. Dieses Mittleramtes haben Sie in unserer Akademie nach innen und aussen mit einem Erfolge gewaltet, der uns zu dem innigsten Danke verpflichtet.

Erst kürzlich haben Sie in Veranlassung des hundertjährigen Todestages des zweiten Stifters unserer Akademie es dargelegt, dass die philosophischen Ideale des Jünglings in den Thaten des Mannes nicht ihre Widerlegung, sondern ihre Entwickelung gefunden haben. Wir wünschen, dass die Geistesfrische, die uns auch aus diesem Ihrem neuesten Werke entgegenweht, Ihnen noch lange erhalten bleiben möge zum Segen der Akademie, der Wissenschaft und des deutschen Volkes.

Die Königliche Akademie der Wissenschaften.

Ausgegeben am 18. November.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei

1886.
XLVI.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

18. November. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. E. du Bois-Reymond.

1. Hr. Virchow las über südmarokkanische Schädel.

2. Hr. Landolt machte eine dritte Mittheilung über die Zeitdauer der Reaction zwischen Jodsäure und schwefliger Säure.

Beide Mittheilungen folgen hier.

Über südmarokkanische Schädel.

Von Rud. Virchow.

Die eingeborene Bevölkerung Marokko's hat die Aufmerksamkeit der Ethnologen vielfach beschäftigt, weil sie eine von denen ist, auf welche die Bezeichnung der Autochthonen mit besonderem Recht angewendet werden darf. Schon Herodot[1] nennt hier und noch weiter östlich eine ansässige, ackerbautreibende Bevölkerung, die er als Μάξυες bezeichnet, — ein Name, der sich durch alle Völkerbewegungen der Jahrtausende hindurch[2] erhalten hat und der noch jetzt, in der Form Masigh oder Amasirgh, als die generische Bezeichnung der Stämme im Innern und namentlich im Süden des heutigen Sultanates gebräuchlich ist. Ja, der Name erstreckt sich noch viel weiter, indem auch die Tuareg, die Stämme der westlichen Sahara, eine Sprache reden, welche Tamaseg heisst und welche eine so hervorragende Bedeutung besitzt, dass Hr. Friedrich Müller[3] darnach die ganze libysche Sprachgruppe Tamašeq genannt hat.

Das Bewusstsein von der Autochthonie dieser Stämme würde sich wahrscheinlich mehr ungetrübt erhalten haben, wenn nicht immer neue Colonisten und Eroberer an den Küsten des westlichen Theiles von Nord-Africa erschienen und eine Reihe grosser Völkerstürme über das Land hinweggegangen wären. Schon bei Strabon[4] findet sich der alte Name nicht mehr; er nennt die Bewohner Maurusier, während die Römer und sie selbst die Bezeichnung Mauren gebrauchten. Aber er weiss noch, dass es ein libysches Volk sei. Den alten Namen könnte man versucht sein, bei den nächsten östlichen Nachbarn der Mauren, den Massaisyliern, den Bewohnern von West-Numidien, wiederzufinden.

[1] Herodoti Halic. Histor. Lib. IV. cap. 191.

[2] Kiepert (Lehrbuch der alten Geographie. Berlin 1878. S. 195, 216) identificirt die Maxyer mit den Maschawascha der aegyptischen Überlieferungen aus dem 14. Jahrhundert v. Chr.

[3] Friedrich Müller, Grundriss der Sprachwissenschaft. Wien 1886. Bd. III. S. 228.

[4] Strabonis Geographica rec. Kramer. Lib. XVII. cap. 3. §. 2. Οἰκοῦσι δ' ἐνταῦθα Μαυρούσιοι μὲν ὑπὸ τῶν Ἑλλήνων λεγόμενοι, Μαῦροι δ' ὑπὸ τῶν Ῥωμαίων καὶ τῶν ἐπιχωρίων, Λιβυκὸν ἔθνος μέγα καὶ εὔδαιμον.

Es ist jedoch bekannt, dass der Name der Mauren oder der Mohren allmählich so sehr alle übrigen Namen verdrängt hat, dass er nachher die allgemeine Bezeichnung der Africaner überhaupt wurde. Weder der Einbruch der Vandalen, noch die Eroberung der Araber hat daran etwas geändert.

Dazwischen ist der ursprünglich von mehr östlichen Abschnitten der Nordküste ausgegangene Name der Berber, wie man annimmt, verderbt aus Barbari, aufgekommen, und um die Verwirrung voll zu machen, sind allerlei Localbezeichnungen, wie die der Kabylen, von übereifrigen Schriftstellern über immer weitere Gebiete ausgedehnt worden, so dass es für einen Neuling oft schwer wird, sich zurechtzufinden. Ja, in Marokko, wie in Algier, soll man jetzt die städtische Bevölkerung vorzugsweise Mauren, die ländliche Berber nennen.

Erst in der neueren Zeit gelangt die alte Bezeichnung der Masigh wieder zu ihrem Rechte. Zwar langsam genug, denn seitdem die Mauren Mahomedaner geworden sind, ist das Reisen in ihrem Lande sehr erschwert worden. Genau genommen sind es nur einige Reiserouten, welche im Einzelnen bekannt geworden sind, und selbst auf diesen haben die Reisenden wenig Zeit und Gelegenheit gehabt, sich bei den eingeborenen Stämmen aufzuhalten und ihre Besonderheiten kennen zu lernen. Am meisten gilt dies von dem südlichen Marokko. Hier erscheint eine besondere Stammesgruppe von relativer Reinheit, deren Name sehr verschieden geschrieben wird. Nach Prichard[1] nennen sie sich selbst Schoulouh, im Plur. Schelah; General Faidherbe[2] schreibt Chlouah, Hr. Kiepert[3] Schillûch. Hr. Lenz[4] gebraucht durchweg das Wort Schluh, Sing. Schelch, und unser neuester Reisender, Hr. Premier-Lieutenant M. Quedenfeldt, bezeichnet sie als Schlöhh, Sing. Schilh. Jedoch, wie man sie auch nennt, darüber sind alle einig, in ihnen die noch dauernden Repraesentanten des altlibyschen Stammes der Masigh, die Brüder der Tuareg und der Berber zu sehen. Über ihre physischen Eigenschaften weiss man leider sehr wenig. Marokkanische Schädel gab es, bei der grossen Eifersucht, mit welcher die Mahomedaner die Gräber der Ihrigen hüten, gar nicht in den europäischen Sammlungen.[5]

[1] James Cowles Prichard, Res. into the physical history of mankind. London 1837. Vol. II. p. 19.

[2] Bullet. de la Soc. d'Anthropologie de Paris. 1869. Sér. II. T. IV. p. 536.

[3] Kiepert, a. a. O. S. 221.

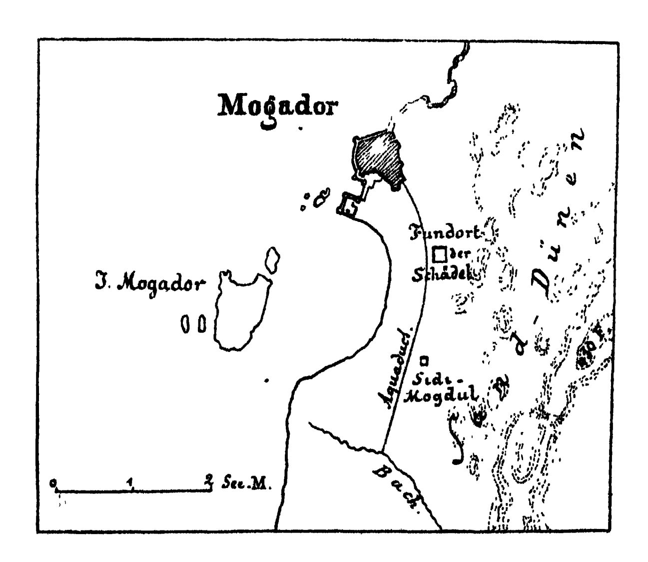
[4] Zeitschr. der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. 1881. Bd. XVI. S. 273.

[5] A. de Quatrefages et Ern. Hamy, Crania ethnica. Paris 1882, p. 511. Les populations marocaines, dont la craniologie est absolument inconnue, semblent composées des mêmes éléments ethniques que celles de l'Algérie.

Es ist daher als ein besonderer Glücksfall zu betrachten, dass es Hrn. QUEDENFELDT gelungen ist, auf seiner letzten Reise im Frühjahr in der Nähe von Mogador ein grösseres Gräberfeld zu entdecken, auf dem die Leichen so oberflächlich bestattet waren, dass bei einer grösseren Zahl die Schädel ganz oder theilweise von dem bedeckenden Sande entblösst waren und daher ohne Weiteres gesammelt werden konnten. Er hat 19, bis auf wenige vorzüglich erhaltene Schädel hierher gesendet; von einigen sind auch Halswirbel, ein Paar Extremitäten-Knochen und dergl. mitgekommen.

In Briefen von Saffi, 30. März, und von Rabat, 4. Juli, hatte er mir schon Berichte über seine Erwerbungen geschickt. Die Gegenstände selbst sind später durch gütige Vermittelung des Hrn. Dr. JANNASCH an mich gelangt. Gegenwärtig hat Hr. QUEDENFELDT mir folgenden, zusammenfassenden Bericht über seine Funde übergeben:

»Der Fundort ist, wie die ganze Umgegend von Mogador, ein sehr sandiger, vegetationsloser Platz, etwa 1^{km} südöstlich der Stadt in der Richtung des Weges, welcher nach der Kubba des Schutzheiligen von Mogador, Sidi Mogdûl (von dem die Stadt ihren europäischen



Namen trägt), führt, und unmittelbar östlich am Damm einer alten Wasserleitung gelegen, welche, von der Gegend des genannten Heiligengrabes herkommend, der Stadt zufliesst. Es befinden sich auch Steine an der Localität, welche aber augenscheinlich erst zu dem Zwecke dorthin gebracht worden sind, um die Todten damit zu bedecken. Der Sand ist sehr trocken, wenigstens die Oberfläche desselben, und bei den häufig um Mogador herrschenden starken Winden wird die obere Fläche stets hin und her geweht. Aus diesem Grunde waren

die Schädel bald mehr, bald weniger hoch mit Sand bedeckt; verschiedene lagen mit ihrem oberen Theile sogar ganz frei.

»Zeit der Sammlung der Schädel: Mitte Februar bis Mitte März 1886.

»Nähere Erkundigungen ergaben, dass während der Hungersnoth vom Jahre 1877 und der darauf folgenden Typhus-Epidemie an dem erwähnten Platze von den Einwohnern der Stadt Mogador eine Begräbnissstelle für fremde Zuzügler eingerichtet worden war. Es wurden in diesem schrecklichen Jahre, da die eigene Regierung wenig oder nichts zur Linderung der Noth that, ganze Schiffsladungen voll Getreide u. A. aus Europa, namentlich aus England und Frankreich, nach den marokkanischen Küstenplätzen gesandt, um dort unentgeltlich an die Nothleidenden vertheilt zu werden. Die Kunde hiervon war bis in's Innere gedrungen und hatte dort seitens der Eingeborenen ein massenweises Zuströmen nach der Küste zur Folge, um gleichfalls von der Kornspende zu profitiren Ein Theil dieser Unglücklichen blieb schon unterwegs liegen, andere erreichten zwar noch die Küste, starben dann aber an Krankheit oder Entkräftung.

»Man schliesst sich in Marokko ohnehin gegen alles Fremde sehr ab, nicht nur gegen Andersgläubige, sondern selbst die Muslemin verschiedener Städte unter einander, und im vorliegenden Falle lag für die Mogadorleute um so weniger Veranlassung vor, die Fremden auf dem städtischen Friedhofe zu bestatten, als derselbe für die städtische Bevölkerung kaum ausreicht. So kam es, dass die Zuzügler von ausserhalb auf jenem Platze in den Sanddünen verscharrt wurden und zwar ohne Särge und in so oberflächlicher Weise, dass, wie mir einige in Mogador ansässige ältere Europäer mittheilten, der Regen des darauf folgenden Winters die dünne Sandlage vollkommen hinwegwusch und die Cadaver völlig bloss lagen; erst wiederholten Reclamationen der dortigen Europäer aus sanitären Gründen gelang es, eine nochmalige tiefere Eingrabung der Leichen zu erzielen.

»Da nun Mogador der südlichste der dem europäischen Handel geöffneten Plätze an der Westküste und die Bevölkerung in dessen näherer und weiterer Umgebung fast ausschliesslich berberisch ist, so lässt sich — mit annähernder Sicherheit wenigstens — annehmen, dass die Schädel Berbern angehören und zwar den sogenannten Schlöhh, Sing. Schilh, also Berbern der südlichen Gruppe.

»Erst nördlich von Mogador, in der Gegend des Flusses Tensift auf der Grenze zwischen Schiëdma und Abda, wird die Bevölkerung vorherrschend arabisch. Es ist aber nicht anzunehmen, dass sich

Hungernde von da nach Mogador gewendet haben, dieselben dürften eher nach Saffi gegangen sein.

»Immerhin ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass einzelne der Schädel von Arabern stammen, um so mehr, als sich ja nicht feststellen lässt, von wie weit her die Zuzügler gekommen sind, und südlich vom Atlas schon wieder Araberkabeilen auftreten.

»Mir persönlich erscheint es am wahrscheinlichsten, dass die Mehrzahl der Schädel von Schlöhh aus der Provinz Ilahha, zwischen Mogador und Agadir, stammt. Die dortige ärmere Bevölkerung hat sich von der Vermischung mit Negerelementen (als Sclaven aus dem westlichen Sudân importirt) fast gänzlich frei gehalten. Dies ist mehr ein Privileg der Reichen und auch unter diesen neigen mehr die Araber zu einer solchen Vermischung, wie die Berber.

»Dagegen findet man unter den Bewohnern der östlichen Draaländer, die ich vielfach im nördlichen Marokko, wo sie entweder auf dem Durchgange als Mekkapilger oder Arbeit suchend sich aufhalten, gesehen habe, viele Individuen, die einen ausgesprochenen Mischlingstypus zeigen, auch den eigenthümlichen Geruch der Neger an sich haben. Bei anderen Stämmen des südatlantischen Marokko ist diese Erscheinung gewiss gleichfalls vorhanden, und es dürfte sich hierdurch vielleicht der, wie mir scheint, an einzelnen Schädeln bemerkbare Übergang zum Negertypus erklären.

»Bezüglich der Beschaffung von Schädeln in dortigen Gegenden erlaube ich mir zu bemerken, dass die Schwierigkeit eine doppelte ist. Einmal findet man nicht leicht Eingeborene, die einem beim Ausgraben, Nachhauseschaffen u. s. w. derselben behüflich sind, sei es aus religiöser Überzeugung, sei es aus Furcht vor der Regierung. Es ist vor mehreren Jahren in dem benachbarten Saffi, als der Sultan Muley Hassan die Erlaubniss zur Knochenausfuhr ertheilt hatte, vorgekommen, dass mehrere Leute Gräber geöffnet und die so erlangten Gebeine mit Knochen von Thieren u. s. w. an europäische Kaufleute verkauft hatten. Diesen Leuten wurden auf Befehl der Regierung die Hände abgehackt.

»Die Hauptschwierigkeit liegt jedoch darin, die Schädel durch die Hafenzollämter zu bringen, wo jedes Gepäckstück geöffnet und durchsucht wird.«

In Bezug auf die von Hrn. Quedenfeldt angeregte Frage von der Reinheit der Rasse will ich bemerken, dass ein nahe liegender Grund, Mischungen mit Negern zu vermuthen, in der Beschaffenheit der Schädel nicht gegeben ist. Das einzige Verhältniss, welches in dieser Beziehung Aufmerksamkeit verdient, ist der Prognathismus einzelner Schädel, z. B. Nr. 3, 9, 16, 19. Allein bei der Mehrzahl

der letzteren ist die Erscheinung nur mässig, jedenfalls nicht stärker, als wir sie gelegentlich auch bei europäischen Schädeln antreffen; die am stärksten prognathen Verhältnisse finden sich bei Nr. 16, einem weiblichen Schädel, auf den ich zurückkommen werde. Jedenfalls entfernen sich die übrigen Verhältnisse des Gesichts bei fast allen Schädeln so erheblich von den charakteristischen Eigenthümlichkeiten des Negergesichts, dass ich kein Bedenken trage, darüber hinwegzugehen. Jedoch will ich erwähnen, dass die Frage von der Einwirkung des Negerbluts auf die Eigenschaften der Berber überhaupt aufgeworfen ist, und ich will erklären, dass dieselbe in dieser Allgemeinheit von mir nicht ohne Weiteres abgewiesen werden soll. Im Augenblick handelt es sich aber um die Entscheidung, ob in nahen Familiengliedern bei diesen Leuten ein nigritischer Einfluss stattgefunden hat, und das glaube ich im Allgemeinen verneinen zu sollen.

Sehr viel schwieriger ist die Entscheidung darüber, ob nicht etwa ein Theil der Schädel Arabern angehört haben könne. Die französischen Anthropologen haben die unterscheidenden Merkmale der Berber- und der Araber-Schädel für Algier wiederholt erörtert, ohne zu einem ganz sicheren Ergebniss gelangt zu sein. Ich verweise deswegen auf die Untersuchungen des Hrn. Seriziat[1] über die Bevölkerung von Biskra, auf die Tabellen über die Schädel des Jardin des plantes[2] und auf den Bericht des Hrn. Topinard[3]. Darnach würde es ein mehr als gewagtes Unternehmen sein, unter den vorliegenden Schädeln eine Auswahl vorzunehmen. Wenn man indess die besonderen Verhältnisse erwägt, welche den Tod der Unglücklichen herbeigeführt haben, mit deren Überresten wir uns beschäftigen, so wird wohl kaum ein Zweifel darüber bestehen können, dass es im Wesentlichen Berber waren, und es wird dann hauptsächlich darauf ankommen, ob sich unter dem vorliegenden Material im Einzelnen solche Verschiedenheiten ergeben, dass wir genöthigt sind, zu ihrer Erklärung eine Verschiedenartigkeit des Ursprungs anzunehmen. Das ist nicht der Fall.

Ich gebe zunächst eine tabellarische Übersicht der Maasse und der daraus berechneten Indices:

---

[1] Bullet. de la Soc. d'Anthrop. de Paris 1870. Sér. II. T. V. p. 548.
[2] Quatrefages et Hamy Crania ethnica p. 514.
[3] Bullet. Soc. Anthrop. 1881. Sér. III. T. IV. p. 445.

Schädel von Mogador	1. ♂	2. ♂	3. ♂ jugendl.	4. ♀?	5. ♂ jugendl.	6.	7. ♂	8.	9 ♂	10. ♂	11. ♂ jugendl.	12. ♂	13. ♀ jung	14. ♂	15. ♂ Kind	16. ♀ jung	17. ♀ jung	18. Kind	19. ♀ jugendl.
I. Directe Maasse.																			
Capacität	1590	1570	1380	1580	1600	1350	1400	1340	1360	1400	1620	1570	1320	1580	1360	1220	1350	—	1220
Grösste Länge	192	195	188	195	184	178	182	174	181	186	192	187	182	185	178	173	182	167	171
» Breite	137p	135t	132p	134p	142p	134t	134p	133p	126p	134p	133t	147p	136p	142t	130p	123p	131p	128p	123t
Gerade Höhe	140	148	139	139	139	141	130	134	135	131	134	132	135	149	131	126	127	125	136
Ohrhöhe	111	121	118	118	119	120	102	112	114	111	113	117	120	127	110	105	106	109	112
Gerade Occipitallänge	62	60	47	66	60	48	59	59	51	60	51	57	50	59	57	52	64	54	44
Horizontalumfang	532	532	510	535	519	500	508	498	495	503	533	530	508	524	495	476	498	463	484
Minimale Stirnbreite	96	95	99	92	96	92	90	94	92	94	93	96	94	100	92	86	91	85	92
Gesichtshöhe A.	123	125	129	116	110	113	119	115	118	117	—	—	—	—	—	102	108	83	116
» B.	72	75	72	67	68	71	72	63	72	—	66	71	69	—	—	57	65	51	68
» C. (Zahnrand)	80	85	82	—	—	78	78	73	82	—	—	83	79	—	70	67	—	—	78
Gesichtsbreite A.	135	131	126	121	124	119	125	122	122	122	124	133	127	—	—	116	111	100	116
» B.	97	94	94	86	87	91	91	85	96	87	94	97	92	96	—	93	84	77	90
» C.	98	100	86	86	91	91	86	88	96	87	—	—	—	—	—	81	76	68	94
Orbita Breite	41	39	40	38	38	38	35	36	40	39	37	40	40	40	—	36	35	33	38
» Höhe	37	34	32	32	32	33	34	30	32	.2	30	34	33	32	—	29	31	29	33
Nase Höhe	56	59	51	47	55	53	53	46	52	48	52	49	47	53	—	44	48	37	52
» Breite	26	24	25	22	24	22	23	21	23	21	25	26	24	22	—	21	21	20	18
Gaumen Länge	54	56	56	53	50	47	51	53	58	—	53	60	53	—	—	49	50	45	50
» Breite	41	36	36	35	36	41	34	35	35	35	37	42	37	39	—	32	35	28	37
Gesichtswinkel	75	72	70	—	68	79	71	72	72	72	73 Synost. sag.	68	76	71	—	75	72	79	70
II. Berechnete Indices.																			
Längenbreiten-	71.3	69.2	70.2	68.7	77.2	75.3	73.6	76.4	69.6	72.0	69.3	78.6	74.7	76.8	73.0	71.1	72.0	76.6	71.9
Längenhohen-	72.9	75.9	73.9	71.3	75.5	79.2	71.4	77.0	74.6	70.4	69.8	70.6	74.2	80.5	73.6	72.8	69.8	74.8	79.5
Ohrhöhen-	57.8	62.1	62.8	60.5	64.7	67.4	56.0	64.4	63.0	59.6	58.8	62.6	65.9	68.6	61.8	61.4	58.2	65.3	65.5
Hinterhaupts-	32.2	30.7	25.0	33.8	32.6	26.9	32.4	33.9	28.1	32.2	26.5	30.4	27.4	31.8	32.0	30.4	35.1	32.3	25.7
Gesichts-	91.1	95.4	102.3	95.8	88.7	94.9	95.2	94.2	96.7	95.9	—	—	—	—	—	87.9	97.2	83.0	100.0
Orbital-	90.2	87.1	80.0	84.2	84.2	86.8	97.1	83.3	80.0	82.0	81.0	85.0	82.5	80.0	—	80.5	88.5	81.7	86.8
Nasen-	46.4	40.6	49.0	46.8	43.6	41.5	43.3	45.6	44.2	43.7	48.0	53.0	51.0	41.4	—	47.7	43.7	54.0	34.6
Gaumen-	75.9	64.2	64.2	66.0	72.0	87.2	66.6	66.0	60.3	—	69.8	70.0	69.8	—	—	65.3	70.0	62.2	74.0

Ordnet man die Ergebnisse zunächst nach den beiden Hauptindices der Schädelkapsel, so erhält man folgende Übersicht

1. nach dem Längenbreitenindex:

Mesocephalen	6
Dolichocephalen	9
Hyperdolichocephalen	4

2. nach dem Längenhöhenindex:

Hyperhypsicephalen	1
Hypsicephalen	5
Orthocephalen	11
Chamaecephalen	2

Somit fällt die grosse Mehrzahl aller Schädel in die Classe der Dolichocephalen (Index 70.1—75) und der Orthocephalen (Index 70.1—75). Rechnet man die Dolichocephalen mit den Hyperdolichocephalen

(65—70) zusammen, so gehören hierher 13 Schädel, also über $^2/_3$ der Gesammtzahl.

Auch ergiebt sich ein gewisses Verhältniss des Längenbreitenindex zu dem Längenhöhenindex. Es waren nämlich von den

	Hyperhypsiceph.	Hypsiceph.	Orthoceph.	Chamaecephalen
mesocephal	1	3	2	0
dolichocephal	0	1	7	1
hyperdolichocephal	0	1	2	1

Somit zeigt sich bei den Mesocephalen zugleich eine Neigung zur Erhöhung des Schädels, während die Dolichocephalen überwiegend eine mittlere Höhe besitzen, ja unter ihnen und den Hyperdolichocephalen die einzigen ganz niedrigen Schädel (unter 70) vorkommen. Man wird daher den herrschenden Typus als orthodolichocephal bezeichnen dürfen. In der Seitenansicht erscheint derselbe langgestreckt, mit meist voller Stirn, langer, mässig gewölbter Scheitelcurve und vortretendem Hinterkopf.

Unter den 2 chamaecephalen Schädeln befindet sich einer (Nr. 11), der zugleich hyperdolichocephal ist; er ist der einzige, bei welchem trotz seiner jugendlichen Beschaffenheit (die Molares III sind noch nicht durchgebrochen) eine vollständige Synostose der Pfeilnaht besteht. Hier tritt also ein pathologisches Verhältniss in Kraft. — Auch der andere chamaecephale Schädel (Nr. 17) gehörte einem sehr jugendlichen Individuum, bei dem noch die Synchondrosis sphenooccipitalis offen ist; der Index ist jedoch dolichocephal.

Sonst kann ich nicht sagen, dass besondere Störungen auf die Entwickelung der einzelnen Knochen eingewirkt haben, welche die Schädelform bestimmten. Die Nähte sind fast durchweg offen. Nur bei Nr. 2 sind die unteren lateralen Abschnitte der Kranznaht geschlossen. Bei Nr. 4 liegen grosse Schaltknochen in der Lambdanaht. Nr. 16 hat jederseits ein Epiptericum, Nr. 19 nur ein linkes. Dreimal finden sich Ansätze zu einem Processus frontalis squamae temporalis, zweimal bei hyperdolichocephalen Schädeln: Nr. 10 hat jederseits einen solchen Frontalfortsatz, jedoch links nur unvollständig; Nr. 2 zeigt links einen unvollständigen Fortsatz, rechts nichts Abnormes. Bei einem dritten, Nr. 14, ist gleichfalls links ein Ansatz zu einem Proc. frontalis, aber der Schädel ist meso-hyperhypsicephal. Im Gegensatz dazu sind bei Nr. 13, einem weiblichen Schädel, die Alae temporales ungewöhnlich gross (40^{mm} breit).

Die Entwickelung des Kopfes ist, wie schon die Basilaransicht ergiebt, überwiegend occipital. Der Hinterhauptsindex ergiebt bei 12 Schädeln Zahlen von 30—35, d. h. die gerade Länge des

Hinterhauptes, vom hinteren Rande des Foramen magnum an gerechnet, beträgt etwa $^1/_3$ der Gesammtlänge. Nur einmal (Nr. 17) erreicht der Index die Zahl 35.1. In 6 Fällen beträgt er 25—30, nämlich bei 2 Hyperdolichocephalen, 3 Dolichocephalen (zusammen 5) und 1 Mesocephalen. Dabei ist es bemerkenswerth, dass die gerade Länge des Hinterhauptes in keinem directen Verhältniss zu der Grösse des Horizontalumfanges steht; einmal, bei der Synostosis sagittalis (Nr. 11), fällt sogar ein grosses Umfangsmaass (533^{mm}) mit einer geringen Länge des Hinterhauptes (Index 26.5) zusammen. Der grösste Index (35.1) findet sich dagegen bei einem Horizontalmaass von 498^{mm}.

Die Schädel erscheinen fast sämmtlich sehr schmal, zumal da ihre grösste Breite tief liegt, meist an der unteren Parietalgegend, nur in 5 Fällen an den Schläfenschuppen. Eine vorzugsweise Protuberanz der Parietalhöcker findet sich nur bei einem, noch vor dem Zahnwechsel stehenden Kinderschädel (Nr. 18).

Eine genauere Charakterisirung der einzelnen Schädel würde sehr erleichtert werden, wenn das Geschlecht genauer zu ermitteln wäre. Leider ist diess nur zum Theil möglich. Ganz abgesehen davon, dass es immer etwas misslich ist, bei einer noch unbekannten Rasse auf Grund einer willkürlichen Verallgemeinerung von Regeln, die bei einer anderen Rasse gefunden sind, sexuelle Unterschiede anzunehmen, so erschwert hier der Umstand, dass viele Schädel jugendlichen Personen angehört haben, in hohem Maasse die Diagnose. Ausser 2 Kindern (Nr. 15 und 18) zähle ich 7 jugendliche Schädel (Nr. 3, 5, 11, 13, 16, 17, 19) noch vor vollendetem Wachsthum. Von 2 Schädeln (Nr. 6, 8) bin ich, obwohl sie ausgewachsen zu sein scheinen, zweifelhaft, wohin ich sie rechnen soll. Im Ganzen zähle ich etwa 10 männliche und 5 weibliche Schädel, wenn ich nicht bloss die Grösse und die Entwickelungsverhältnisse der Schädelkapsel, sondern namentlich auch die des Gesichts in Betracht ziehe. Leider fehlen in 5 Fällen die Unterkiefer, so dass die Betrachtung des Gesichts sehr beeinträchtigt wird.

Der Knochenbau ist eher fein, als grob zu nennen. Freilich fehlen bei manchen der männlichen Schädel die kräftigen und schweren Formen nicht, dafür ist ein gutes Beispiel Nr. 2; auch sind manche Muskelansätze recht stark, so namentlich die Protuberantia occipit. externa. Auch sind die Flügel der Processus pterygoides gross, die Apophysis basilaris breit und nicht selten mit einer tiefen Grube und einem stärkeren Tuberculum pharyngeum versehen (vergl. Nr. 2). Aber die Lineae temporales sind eher schwach und keineswegs hoch hinaufgerückt, wie denn auch die anderen Ansatzstellen der Kaumuskeln eine geringe Stärke zeigen, gerade im Gegensatz zu der grösseren Häufigkeit prognather Stellung.

Die Capacität wechselt in starken Verhältnissen. Die grösseren Schädel erreichen einen Inhalt von 1570—1600.[1] An der Spitze der Reihe stehen die männlichen Schädel Nr. 5 mit 1600 und Nr. 1 mit 1590, dann folgen Nr. 4 und 14 mit 1580. Es ist mir zweifelhaft geblieben, ob Nr. 4 ein weiblicher oder männlicher Schädel sei; nach dem Inhaltsmaass ist das letztere wahrscheinlicher. Die Schädel zweier junger Weiber Nr. 16 und 19 haben nur 1220, der eines anderen 1320^{ccm}. Die geschlechtlichen Differenzen gehen also bis zu 380^{ccm}. Indess haben diese Zahlen wahrscheinlich nur Bedeutung als Grenzwerthe. Da ich unter den Schädeln mittlerer Grösse das Geschlecht nicht mit genügender Sicherheit zu erkennen vermag, so muss selbstverständlich die Entscheidung darüber vorbehalten bleiben, bis zu welcher Stufe männliche Schädel in ihrer Grösse herabsinken und bis zu welcher weibliche sich vergrössern können. Schon jetzt darf man aber sagen, dass die verhältnissmässig grosse Zahl umfangreicher Schädel einen guten Maassstab für die Gehirnentwickelung der Rasse liefert.

Mit der vollen, man kann wohl sagen, schönen Ausbildung der Schädelkapsel harmonirt die Entwickelung des Gesichts. Nimmt man dazu noch die Stirn, so gewinnt man meist den Eindruck einer sehr ausgesprochenen, fast vornehmen Physiognomie.

Die Stirn ist durchweg sehr breit und voll. Schon der Schädel des kleinen Kindes hat eine Minimalbreite von 85^{mm}; bei den starken Männern erreicht derselbe 96, ja bei Nr. 3 sogar 99 und bei Nr. 14 100^{mm}. Die Gegend der Stirnhöhlen ist nur selten, z. B. bei Nr. 7, beträchtlich; meist ist sie, auch bei Männern (Nr. 1, 2), nur mässig vorgetrieben. Jüngere Individuen zeigen zuweilen (Nr. 3, 5, 13, 17) eine starke Vorwölbung des Nasenfortsatzes, aber auch voll ausgewachsene und sonst kräftige Schädel, wie Nr. 4, 8, 10, 14, besitzen ähnliche Verhältnisse, die an Weiberschädel erinnern. Bei den Weibern ist die Stirn mehr gewölbt, der Beginn der Scheitelcurve über den wenig starken Tubera fast winklig abgesetzt; bei Männern treten die Tubera mehr vor, die Glabella ist tiefer, der hintere Theil des Frontale häufig etwas ansteigend.

Das eigentliche Gesicht ist bei allen schmal und theils relativ, theils absolut hoch. Der Gesichtsindex ist ganz überwiegend leptoprosop. Berechnet man ihn aus dem Verhältniss der Jochbreite (= 100) zur Gesichtshöhe (Stirnnasennaht bis Kinnrand) und theilt man die Schädel in 3 Gruppen, unter 90, 90—99, 100 und darüber, so erhält man

---

[1] Der pathologische Schädel Nr. 11 mit Synostose der Pfeilnaht hat 1620^{ccm}.

Chamaeprosope	3
Leptoprosope	9
Hypsiprosope	2.

Das grösste Maass, 102.3, zeigt der jugendliche Schädel Nr. 3, der sich durch einen sehr grossen Unterkiefer auszeichnet, aber auch der weibliche Schädel Nr. 19 erreicht die Zahl 100. Unter 90 treffen wir das Kind Nr. 18 und die beiden jugendlichen Schädel Nr. 5 und 16. Überall entscheidet die geringe Breitenentwickelung, welche zugleich einen charakteristischen Gegensatz gegen den Negerschädel ergiebt. Die Jochbogen liegen bei allen fast gerade, ohne nennenswerthe Curve, an; die horizontale Distanz ihrer stärksten Ausbiegung erreicht nur bei Nr. 1 135, bei Nr. 12 133, bei Nr. 2 131^mm^. Sonst ist sie stets unter 130, ja bei Nr. 6 und 19 beträgt die Distanznur 119, bezw. 116^mm^. Die Malardistanz (an der Sut. zygom. maxill. gemessen) erreicht zweimal (Nr. 1 und 12) 97, zweimal (Nr. 9 und 14) 96, und sinkt bis auf 86 (Nr. 4), 85 (Nr. 8) und 84 (Nr. 17). Dem entsprechend ist das Wangenbein zierlich, sein Körper zart, sein Stirnfortsatz fein. Fast noch auffälliger ist die geringe Kieferwinkeldistanz, die nur einmal (Nr. 2) 100^mm^ erreicht, in 5 Fällen zwischen 98 und 91 schwankt, in 6 Fällen 88—81^mm^ ergiebt. Es ist dies um so mehr bezeichnend, als die Unterkiefer im Ganzen eine sehr kräftige Entwickelung zeigen, namentlich in ihrem mittleren Theil.

Die Bildung der Augenhöhlen neigt im Ganzen mehr zu hohen Formen, wenngleich die Mehrzahl mittlere Maasse ergiebt:

Chamaekonche (80.0)	3
Mesokonche (80.1—85)	9
Hypsikonche (85.1—90)	4
Hyperhypsikonche (über 90)	2.

Im Ganzen hat die Orbita eine etwas schräge, in der Richtung der Diagonale nach unten und aussen ausgezogene Gestalt, die bei den Chamaekonchen besonders deutlich hervortritt. Bei den Mesokonchen rundet sie sich mehr und bei den Hypsikonchen öffnet sich der Eingang zu einem weiten Oval.

Noch mehr ausgezeichnet ist die Form der fast überall sehr kräftig entwickelten Nase. Ich gebe folgende Übersicht:

Platyrrhine (51.1—58.0)	3	
Mesorrhine (47.1—51)	3	
Leptorrhine (42.1—47)	8	} 12
Hyperleptorrhine (35.1—42)	3	
Ultraleptorrhine (unter 35)	1	

Die Schmalheit der überwiegend grossen Anzahl der Nasen ist sofort ersichtlich. Der Weiberschädel N. 19 ist ganz extrem schmal, indem

sein Index nur 34.6 beträgt; es ist diess um so mehr hervorzuheben, als sein Prognathismus ihm eher eine gewisse negroide Stellung anweisen könnte. Wirklich platyrrhin sind ausser dem Kinderschädel Nr. 18, bei dem die Nase noch wenig entwickelt ist und allerdings einen etwas breiten, eingebogenen Rücken hat, nur die 2 Schädel Nr. 12 und 13: der letztere ein jugendlicher, bei dem die Kürze der Nase bemerkbar ist, der erstere durch verschiedene Abweichungen, vielleicht traumatischen Ursprunges, ausgezeichnet. Die beiden Nasenbeine sind nämlich bei Nr. 12 in ihrem obersten Abschnitte synostotisch, der Rücken in dieser Gegend tief und eingebogen, nach unten breiter ausgelegt; die Nasenöffnung ist weit (26^{mm} breit) und die Nase selbst kurz; am Ausgange verläuft sich der untere Rand zu einer Art von Fossae praenasales, um in den prognathen Oberkiefer überzugehen. Jedenfalls ist dies die am meisten abweichende Nase. — Bei Nr. 10 findet sich eine Synostose des oberen Drittels der Nasenbeine, welche traumatischen Ursprunges sein dürfte: die Nase ist an der Wurzel tief eingedrückt, der Rücken fast horizontal vorspringend, vorgebogen und leicht gerundet. — An den übrigen lässt sich ein doppelter Typus unterscheiden. Bei der einen Gruppe, wohin Nr. 5, 13 gehören, tritt die knöcherne Nase weit vor und ihr Rücken macht von einem tieferen Ansatz her eine scharfe Kante; im Leben muss die Nase aquilin gewesen sein. Bei einer anderen Gruppe, wohin Nr. 3, 6, 7, 9, 11, 14 und 19 zählen, ist der Rücken etwas mehr gerundet und gerade, der Ansatz weniger tief, die Elevation geringer, zugleich sind die Nasenbeine breiter und länger.

Die Prominenz der Nase wird noch in einem gewissen Grade gesteigert durch die Bildung der Oberkiefer. Diese sind durchweg schmal und in der Gegend der Fossae caninae tief eingedrückt; das Foramen infraorbitale hat gelegentlich eine ganz schiefe, von oben und aussen her zusammengedrückte Gestalt. Die Alveolarfortsätze sind meist kräftig ausgebildet, bei einer grösseren Zahl mehr oder weniger prognath. Dazu trägt die Grösse der Zähne, namentlich der Schneidezähne, mit bei, jedoch ist bei einzelnen auch der Knochen selbst kräftig und vortretend. Der Gaumen ist überwiegend schmal:

Hyperleptostaphyline (70 und darunter)	12
Leptostaphyline (70, 1—80)	2
Mesostaphyline (80, 1—85)	1
Brachystaphyline (über 85)	1

Die Gaumenfläche ist im Ganzen eben, gegen die Seitentheile stark abgesetzt, nach vorn schräg angelehnt. Die Spina nas. posterir fehlt einige Male ganz, fast immer ist sie schwach entwickelt und zuweilen gespalten. Die Sutura intermaxillaris ist deutlich bei Nr. 13.

Die Zahncurve vorn stark ausgelegt, mit wenig gebogenen Seitentheilen.

Der nasale Gesichtswinkel (Ohrloch, Spina nas. ant. suprior, Nasenwurzel) ist gerade bei den am stärksten prognathen Personen nicht von ungewöhnlicher Kleinheit; er beträgt bei Nr. 3 und 19 70°, bei Nr. 9 72°, bei Nr. 16 sogar 75°. Daraus geht hervor, dass der Prognathismus hauptsächlich alveolo-dental ist, dass aber eine Verschiebung der gesammten Kiefertheile nur in beschränktem Maasse stattgefunden hat.

Über den Unterkiefer ist schon früher gesprochen worden. Trotz seiner Grösse hat er eine geringe Spannweite, so dass er in der Basilaransicht eine spitzwinkelige Gestalt darbietet. Die Kieferwinkel selbst sind von geringer Stärke, zuweilen leicht gekerbt, wenig nach aussen vorgebogen. Die Äste kräftig, zuweilen breit (Nr. 4, 7) und verhältnissmässig steil. Das Mittelstück stark und hoch, gegen den Alveolarfortsatz etwas vorgebogen. Das Kinn kräftig, zuweilen breit und eckig. Bei Nr. 6 findet sich eine eigenthühmliche, starke, vorspringende Knochenleiste längs des linken Randes des Unterkiefers aufgesetzt, als ob hier einmal durch eine mechanische Einwirkung ein Stück abgespalten wäre; zugleich ist der breite Kinnrand ganz nach vorn umgelegt, der Kiefer selbst aber orthognath. Bei einigen anderen sind die mittleren Zähne mehr prognath gestellt und bilden mit den genau gegenständigen Oberzähnen einen geschlossenen, gewölbten Vorsprung.

Die Zähne selbst sind von seltener Gesundheit und Vollständigkeit. Einigen fehlen Zähne und deren Alveolen sind obliterirt (Nr. 2, 8). Auch findet sich gelegentlich ein Loch von einem Wurzelabscess. Aber nicht ein einziger von allen ist cariös. Ähnliches berichtet Hr. Magitot[1] von den Kabylen in Algier; trotz der Häufigkeit der Syphilis unter ihnen sah er niemals die Querriefelung der Zähne, welche nach Parrot charakteristisch sei für erbliche Syphilis. In dieser Beziehung muss ich abweichen: die weiblichen Schädel Nr. 13 und 19 zeigen deutlich geriefte Zähne, der letztere sogar in einer gewissen Stärke, wobei zugleich die Schneide verschmälert, gleichsam zugespitzt, dabei aber durch eine starke Querfurche abgesetzt ist. Auch in Betreff ihrer Stellung zeigen die Zähne nicht selten und in höchst auffälligem Maasse Abweichungen, namentlich die Schneide- und Eckzähne des Unterkiefers. Ich verweise speciell auf Nr. 3, wo die mittleren Zähne ganz wie zusammengeschoben stehen, theils nach vorn, theils nach hinten gedrängt und zugleich um ihre Axe gedreht sind. Zu diesen Bildungsfehlern kann man noch einige mehr auffällige hinzufügen:

[1] Bull. Soc. Anthrop. Sér. III. T. IV, p. 454. Les Kabyles sont remarquables par la beauté, par l'éclat et l'intégrité de leurs dents.

1. Der weibliche Schädel Nr. 19 hat rechts im Unterkiefer 4 Molaren, den eben im Ausbrechen begriffenen Molaris III mitgerechnet; dafür ist der Praemolaris II aus der Reihe gedrängt und steht ganz nach innen (labial), schräg eingepflanzt, entsprechend dem Zwischenraum zwischen Molaris I und II.

2. Der männliche Schädel Nr. 3 zeigt rechts an der Labialfläche des Molaris I einen ganz abgesetzten Zapfen, vergleichbar der Basilarwarze gewisser Säugethiere. Zugleich ist der Molaris II von ungewöhnlicher Grösse.

3. Der Schädel eines jungen Mädchens Nr. 17 besitzt jederseits im Oberkiefer einen Molaris I mit einer starken Nebenspitze (Cuspis accidentalis) an der Labialfläche.

Diese Fehler deuten auf eine gewisse Neigung zu excedirenden Bildungen hin, wie sich auch sonst, namentlich in der Grösse der mittleren oberen Schneidezähne, zeigt. Hr. Topinard fand Letzteres in Kabylien.[1] Ich citire speciell Nr. 8, 9, 12.

Es besteht also ein auffälliger Gegensatz zwischen Bildung und Erhaltung der Zähne. Während sich häufige Bildungsfehler finden, darunter solche, welche sonst die Zahncaries begünstigen, wie die gepresste und verdrehte Stellung, so ist scheinbar gar keine krankmachende Einwirkung in späterer Zeit vorhanden. Hr. Quedenfeldt sagt mir, dass die Leute keine besondere Sorgfalt auf das Reinigen der Zähne verwenden, dass sie gewöhnlich dieselben nur mit dem Finger putzen. Es muss also in der Nahrung liegen, dass die Zähne so wenig angegriffen werden.

Der Schädel Nr. 12 zeigt alte Defecte im Ober- und Unterkiefer, welche durch mechanische Einwirkungen entstanden sind. Im Oberkiefer fehlen 3 Schneidezähne, ihre Alveolen sind grossentheils obliterirt und der Alveolarfortsatz entsprechend verkleinert. Am Unterkiefer sind ähnliche Defecte am Caninus und den Praemolaren der rechten Seite. Es ist dies derselbe Schädel, bei dem auch eine obere Synostose der Nasenbeine besteht.

Von den übrigen Skeletknochen ist Folgendes zu erwähnen:

1. Von einem sehr kräftigen Individuum (vielleicht von Nr. 2 oder 3) sind die rechte Beckenhälfte mit dem Oberschenkel, sowie der linke Unterschenkel nebst der rechten Fibula vorhanden. Alle diese Theile sind kräftig entwickelt und lang, ohne nennenswerthe Besonderheiten. Insbesondere ist die Tibia nicht plattgedrückt, obwohl die Crista scharf hervortritt. Die Maasse sind:

[1] Bullet. Soc. Anthrop. Bd. III. T. IV. p. 455.

Os femoris dextr. vom Kopfe abwärts	485mm	lang,
» » » » Trochanter »	465 »	»
Tibia sinistra einschl. des Mall.	410 »	»
Fibula »	390 »	»

2. Von dem Individuum Nr. 14 ist ausser einem Theil der Halswirbelsäule eine Clavicula, eine Scapula und ein Os humeri der linken Seite vorhanden. Die Clavicula ist am Acromialende stark gebogen, die Scapula hoch und schmal, das Os humeri wenig gedreht, mit einem Loch in der Fossa olecrani.

Os humeri	319mm	lang,
Scapula	160 »	hoch,
	101 »	breit.

3. Eine andere Scapula hat gleichfalls eine Höhe von 160 bei einer Breite von 113mm.

4. Von einem Paar älterer Kinder sind vorhanden ein linkes Os femoris, eine Clavicula und ein Os humeri mit abgetrennten Epiphysen. Dabei ist nur zu bemerken, dass auch hier die Fossa pro olecrano durchbohrt ist. —

Ich beschränke mich auf diese Mittheilungen und widerstehe insbesondere der Versuchung, der Frage nach der craniologischen Verwandtschaft der Schlöhh mit Guanches und Basken (Iberern) näher zu treten. Bei einer anderen Gelegenheit hoffe ich darauf zurückkommen zu können. Ich will nur einige meiner früheren Untersuchungen über Schädel mehr östlicher Stämme der gleichen Gliederung kurz erwähnen. Hr. Gerhard Rohlfs brachte mir Schädel aus den Oasen Dachel und Siuah[1], sowie von den Tebu[2]; damals habe ich auch die verwandten Schädel von Sakkarah erörtert.

[1] Verhandlungen der Berliner Anthropol. Ges. 1874 (Zeitschr. f. Ethnol. Bd. VI) S. 121. 1875 (Zeitschr. f. Ethn. Bd. VII) S. 57.

[2] Ebendaselbst 1880 (Zeitschr. f. Ethn. Bd. XII) S. 121.

Über die Zeitdauer der Reaction zwischen Jodsäure und schwefliger Säure.

Von H. Landolt.

Dritte Mittheilung.

(Die erste Mittheilung s. in diesen Berichten, 1885, 1. Hlbbd. S. 249 ff., die zweite im 1. Hlbbd. dieses Jahres, oben S. 193 ff.)

Wie aus den beiden ersten Mittheilungen ersichtlich, lässt sich die Zeit von dem Momente des Zusammengiessens verdünnter Lösungen von Jodsäure und schwefliger Säure bis zu der nachher plötzlich erfolgenden Jodabscheidung für verschiedene Mischungsverhältnisse mit grosser Genauigkeit bestimmen, indem wiederholte Versuche meist nur um Bruchtheile einer Secunde oder durchschnittlich etwa $\pm$ 0.5 Procent des ganzen Werthes von einander abweichen. Es zeigte sich ferner, dass wenn 1. die in einer gegebenen Wassermenge vorhandene Anzahl Molecüle SO_2 constant gehalten und die Zahl n der Molecüle HJO_3 variirt wird, der Einfluss dieser letzteren auf die Reactionsdauer t durch eine Formel von dem Bau:

$$t = \frac{x}{n^y} \qquad (1)$$

ausdrückbar ist; sowie dass 2. dieselbe Gleichung auch gilt, wenn man bei gleichbleibendem Verhältnisse zwischen SO_2 und HJO_3 die Anzahl m der Molecüle Wasser ändert, somit die Reactionszeit als Function dieser letzteren Grösse berechnen will, wobei m an Stelle von n tritt. In beiden Fällen schliessen sich die Mittel der für jede Mischung ausgeführten Zeitmessungen der obigen Formel vollständig zwanglos an, und es war nicht zu verkennen, dass die letztere, selbst wenn sie bloss interpolatorischen Werth besitzen sollte, die Abhängigkeit der Reactionsdauer von dem Mengenverhältnisse der Substanzen in einem ausserordentlich nahen Grade wiedergiebt.

Unter diesen Umständen war es von Interesse zu prüfen, mit welcher Genauigkeit sich die Constanten x und y in jener Formel

würden bestimmen lassen. Dieser Untersuchung unterzog sich Hr. Hegemann, gegenwärtig Assistent der Geodäsie an der landwirthschaftlichen Hochschule. Es bedurfte, um die mittleren Fehler der Grössen x und y zu finden, einer Ausgleichung der Beobachtungen, jeder Versuchsreihe für sich, auf Grund vorhergegangener Gewichtsbestimmung. Dazu konnten allerdings die auf S. 284 der ersten Mittheilung angegebenen mittleren Fehler nicht verwendet werden, weil diese unter der Voraussetzung berechnet sind, dass alle für gleiches Mischungsverhältniss angestellten Beobachtungen unabhängig von einander gewonnen und deshalb als gleichberechtigt zum arithmetischen Mittel zu vereinigen seien.

Betrachtet man aber die Beobachtungszahlen namentlich der dritten Versuchsreihe (Abh. I) und zwar für die Mischungsverhältnisse Nr. 1, 2, 3, 5, 7, 9, 12, 15, 18, für welche durchaus wenigstens zwei Versuche, jedesmal mit neuen Reagentien angestellt wurden, so stimmen die beobachteten Zeiten innerhalb jedes Versuchs mit unveränderten Flüssigkeiten bis auf einige Zehntelsecunden überein, während die Unterschiede bei Anwendung verschiedener Lösungen von SO_2 und HJO_3 mitunter bis zu zwei Secunden steigen; ein Beweis dafür, dass der Apparat zur Messung der Reactionsdauer mit Fehlern gearbeitet hat, welche gegenüber der Unsicherheit des Mischungsverhältnisses bei jedem neuen Versuche ganz und gar zurücktreten. Ein richtigeres Bild der mittleren Beobachtungsfehler bekommt man daher, wenn man die Hauptquelle der Werthschwankungen für die Reactionsdauer t in der Unsicherheit der Zahl n vermuthet. Nun lehrt die Fehlertheorie den Einfluss dt einer Werthunsicherheit dn von n auf die Reactionsdauer t durch Differenziren von (1) nach n finden wie folgt:

$$dt = -\frac{yx}{n^{y+1}}dn = -\frac{yt}{n}dn \tag{2}$$

und den mittleren Fehler τ der Reactionsdauer aus der mittleren Unsicherheit ν der Zahl n:

$$\tau = \pm\frac{yt}{n}\cdot\nu. \tag{3}$$

Da die Gewichte g der Beobachtungen t den Quadraten ihrer mittleren Fehler umgekehrt proportional sind, so gilt:

$$g = \text{Constante} : \tau^2 \tag{4}$$

und es steht die Wahl der Constanten für jede einzelne Beobachtungsreihe in unserem Belieben; insbesondere ist es uns erlaubt, constante Factoren in g, z. B. den Factor $1 : \nu^2$ mit der Constanten zu vereinigen.

Zur Gewichtsberechnung genügt es, wenn y nur näherungsweise durch eine vorläufige Bestimmung bekannt ist.

Obwohl also ν zu berechnen im Grunde nicht erfordert wird, so gaben die obenerwähnten wiederholten Versuche der Reihe III doch Gelegenheit, für 9 Mischungsverhältnisse den mittleren Fehler τ unmittelbar, und ν daraus vermöge der Gleichung (3) zu ermitteln. Ein mit Rücksicht auf die Anzahl der Wiederholungen gebildeter Mittelwerth der Quadrate von ν liefert:

$$\nu = \pm\, 0.07 \tag{5}$$

und man ersieht daraus, dass die mittlere Unsicherheit in der Angabe der Zahlen n (welche von 1.2 bis 10.2 steigen), fast eine Einheit der letzten angegebenen Decimale beträgt.

Gleichung (3) giebt den mittleren Fehler τ der Beobachtung aus einem Versuch, Gleichung (4) ebenso das Gewicht derselben. Dieses erhöht sich in dem Maasse, als unabhängige. d. h. mit neuen Reagentien angestellte Versuche vereinigt wurden, um die Zeitdauer t der Reaction zu gewinnen. Daher berechnet sich das Gewicht einer Mittelzahl t aus:

$$\text{Gewicht} = \frac{\text{Constante} \times \text{Versuchszahl}}{x^2 y^2}\, n^{2y+2} = p\,, \tag{6}$$

worin auch $x^2 y^2$ für ein und dieselbe Versuchsreihe constant bleibt, ebenso wie der Exponent $2y + 2$.

Der Gang der Ausgleichungsrechnung soll an der Hand der ersten Versuchsreihe gezeigt werden, wogegen für die folgenden nur die wichtigsten Zahlen mitgetheilt sind. Die Constante der Formel (6) wurde für die erste Reihe = 1000 gesetzt, die Zahl der Versuche war durchweg Eins.

Reihe 1.

Beobachtet		Gewicht p
n	t	(abgerundet)
1.2	23.30	1
1.5	17.12	4
1.8	13.12	9
2.4	8.48	40
3.0	6.23	110
3.6	4.82	280
4.2	3.91	570

Die Werthe t werden gemäss (1) näherungsweise wiedergegeben durch

$$t_0 = \frac{x_0}{n^{y_0}} = \frac{30.217}{n^{1.425}}\,. \tag{7}$$

Die Zahlen t_0 werden auf Tausendtel genau berechnet und um t vermindert. Setzt man nun:

$$x = x_0 + \xi \qquad y = y_0 + \eta, \tag{8}$$

so ist nach TAYLOR's Satz mit Vernachlässigung höherer Glieder:

$$t = t_0 + \frac{1}{n^{y_0}}\xi - \frac{x_0}{n^{y_0}} \cdot \log \operatorname{nat} n \cdot \eta .$$

Nachdem man die Beobachtungen t um Grössen δ (übrigbleibende Fehler der Ausgleichung) verbessert hat, werden die sogenannten Fehlergleichungen von der linearen Form:

$$\delta = t_0 - t + \frac{1}{n^{y_0}}\xi - \frac{x_0}{n^{y_0}} \cdot \log \operatorname{nat} n \cdot \eta \tag{9}$$

aufgestellt. Zur Bequemlichkeit bei der Rechnung wird noch gesetzt:

$$10\eta = \eta' \tag{10}$$

und es ergeben sich die Fehlergleichungen:

$$\begin{array}{llr} \delta_1 = +0.003 + 0.77\,\xi - 0.43\,\eta' & \text{Gewicht} & 1 \\ \delta_2 = -0.164 + 0.56\,\xi - 0.69\,\eta' & » & 4 \\ \delta_3 = -0.044 + 0.43\,\xi - 0.77\,\eta' & » & 9 \\ \delta_4 = +0.199 + 0.29\,\xi - 0.76\,\eta' & » & 40 \\ \delta_5 = +0.085 + 0.21\,\xi - 0.69\,\eta' & » & 110 \\ \delta_6 = +0.050 + 0.16\,\xi - 0.62\,\eta' & » & 280 \\ \delta_7 = 0.000 + 0.13\,\xi - 0.56\,\eta' & » & 570 \end{array} \tag{11}$$

Hieraus bildet man in bekannter Weise die Normalgleichungen:

$$\left.\begin{array}{l} 0 = 5.98 + 28.53\,\xi - 98.88\,\eta' \\ 0 = -20.42 - 98.88\,\xi + 369.28\,\eta' \end{array}\right\} \tag{12}$$

woraus hervorgeht:

$$\xi = -0.251 \qquad \eta' = -0.01 \qquad \eta = -0.001;$$

ferner die Gewichtsreciproken Q_{11} für ξ und Q_{22} für η':

$$Q_{11} = 1 : 2.05 \qquad Q_{22} = 1 : 26.57.$$

Durch Einsetzen der ξ und η' in die Fehlergleichungen findet sich:

	$p\delta\delta$
$\delta_1 = -0.186$	0.0346
$\delta_2 = -0.297$	0.3528
$\delta_3 = -0.144$	0.1863
$\delta_4 = +0.134$	0.7200
$\delta_5 = +0.039$	0.1650
$\delta_6 = +0.016$	0.0840
$\delta_7 = -0.027$	0.3990
	$[p\delta\delta] = 1.9417$

Bei der Auflösung der Normalgleichungen ergab sich $[p\delta\delta]$ nach

zweien der üblichen Controlformeln ebenfalls gleich 1.94. Der mittlere Fehler μ der Gewichtseinheit wird daher:

$$\mu = \sqrt{\frac{1.94}{7-2}} \quad \pm 0.623$$

und die mittleren Fehler μ_ξ und μ'_η der Unbekannten ξ und η':

$$\mu_\xi = \mu\sqrt{Q_{11}} = \frac{0.623}{\sqrt{2.05}} = \pm 0.435$$

$$\mu'_\eta = \mu\sqrt{Q_{22}} = \frac{0.623}{\sqrt{26.57}} = \pm 0.121$$

also, da μ_η für die Unbekannte η gleich $0.1\,\mu'_\eta$:

$$\mu_\eta = \pm 0.0121$$

und man hat zuletzt gemäss (8):

$$\left.\begin{aligned} x &= 29.966 \pm 0.435 \\ y &= 1.424 \pm 0.012 \end{aligned}\right\} \qquad (13)$$

Als Schlussprobe zur Controle der gesammten Zahlenrechnung, auch um zu sehen, ob die Coefficienten der Fehlergleichungen scharf genug eingeführt waren, wurden die Differenzen

$$\delta = \frac{29.966}{n^{1.424}}$$

(unter t die beobachteten Zeiten verstanden) der Reihe nach gebildet und mit den vorstehenden Worten der übrig bleibenden Fehler δ_1 bis δ_7 übereinstimmend gefunden.

Eine Entstellung der Beobachtungen durch einen irrigen constanten Factor vermöchte die Ausgleichung selbstverständlich nicht aufzudecken.

Reihe 2.

Anzahl der Versuche	Beobachtet		p	δ	$p\delta\delta$
	n	t			
2	1.5	58.77	0.1694	+ 0.258	0.0113
1	1.8	43.54	0.2215	+ 0.286	0.0180
1	2.1	33.83	0.4990	+ 0.241	0.0290
1	2.4	27.08	1.009	+ 0.314	0.0994
1	2.7	22.66	1.876	— 0.060	0.0068
2	3.0	18.95	6.539	+ 0.076	0.0388
1	3.6	14.15	8.545	— 0.024	0.0049
1	4.2	11.03	19.25	— 0.048	0.0444
2	4.5	9.82	55.40	— 0.008	0.0036
1	4.8	8.94	38.91	— 0.110	0.4708
1	5.4	7.28	72.40	+ 0.004	0.0014
1	6.0	6.16	126.20	— 0.027	0.0990
1	7.2	4.52	329.70	+ 0.033	0.3590
					$[p\delta\delta] = 1.1864$

Es wurde gesetzt:

$$p = 0.01\, n^{5.27} \times \text{Versuchszahl}$$

und die Rechnung ergab:

$$\left.\begin{aligned} x &= 114.468 \pm 0.190 \\ y &= 1.6334 \pm 0.0015 \end{aligned}\right\} \qquad (14)$$

Reihe 3.

Anzahl der Versuche	Beobachtet		p	δ	$p\delta\delta$
	n	t			
3	2.4	55.98	0.41	− 0.120	0.0058
3	2.7	45.40	0.76	+ 0.543	0.2269
5	3.0	38.28	2.24	+ 0.293	0.1949
1	3.3	32.59	0.74	+ 0.340	0.0859
3	3.6	28.36	3.55	+ 0.143	0.0723
1	3.9	24.44	1.81	+ 0.518	0.4894
3	4.2	22.23	8.07	− 0.162	0.2066
1	4.5	20.04	3.89	− 0.359	0.4951
2	4.8	17.80	11.0	− 0.118	0.1452
1	5.1	16.16	7.58	− 0.170	0.2216
1	5.4	14.67	10.3	− 0.127	0.1610
2	6.0	12.24	36.0	− 0.030	0.0303
1	6.6	10.50	30.0	− 0.076	0.1643
1	7.2	9.08	47.7	− 0.058	0.1603
3	7.5	8.35	178	+ 0.081	1.1392
1	7.8	8.00	73.0	− 0.100	0.7008
1	8.4	7.07	108	− 0.084	0.7621
2	9.0	6.20	313	+ 0.030	0.2454
1	9.6	5.55	221	+ 0.047	0.5525
1	10.2	5.08	305	− 0.018	0.0988
					$[p\delta\delta] = 6.1584$

Es wurde gesetzt:

$$p = \frac{n^{\frac{16}{3}}}{28^2} \times \text{Versuchszahl}$$

und als Endergebniss der Rechnung gefunden:

$$\left.\begin{aligned} x &= 238.816 \pm 2.19 \\ y &= 1.6595 \pm 0.0048\,. \end{aligned}\right\} \qquad (15)$$

Hr. Hegemann hat in derselben Weise auch jene beiden Versuchsreihen bearbeitet, welche in der zweiten Mittheilung als Nr. 5 und 6 angeführt sind, in der ersten aber noch nicht auftreten. Der Consequenz wegen und um mit Originalzahlen der Beobachtung oder

wenigstens solchen Werthen zu rechnen, welche den Originalzahlen einfach proportional sind, wurden auch diesmal Formeln für t benutzt, in welchen nicht die Concentration, sondern die Anzahl m der Molecüle Wasser auf 3 Mol. SO_2 und 3 Mol. HJO_3 auftritt:

$$t = x\left(\frac{m}{10000}\right)^y = xa^y. \tag{16}$$

Waren nun wieder Werthe x_0 und y_0 durch Combination zweier Beobachtungen bekannt und galten die Ausdrücke (8), so wurden anstatt nach (9) die Fehlergleichungen gebildet nach:

$$\delta = t_0 - t + a^{y_0}\xi + x_0 a^{y_0} \log \text{nat}\, a \cdot \eta \tag{17}$$

und die Gewichte p gemäss:

$$p = \frac{1000\, a^2}{x_0^2 y_0^2 a^{2y}} \times \text{Versuchszahl}, \tag{18}$$

worin, wie man aus (16) ersieht:

$$a = 0.0001\, m. \tag{19}$$

Reihe 5.

Anzahl der Versuche	Beobachtet m	Beobachtet t	p	δ	$p\delta\delta$
1	75000	68.78	1.83	− 0.652	0.8037
1	70000	57.75	2.26	− 0.570	0.7523
1	65000	47.49	2.88	− 0.120	0.0450
5	60000	38.28	18.90	+ 0.376	2.6290
1	55000	30.96	4.86	+ 0.033	0.0044
1	50000	24.29	6.52	+ 0.040	0.0099
2	45000	18.95	17.34	− 0.331	1.9110
1	40000	13.83	12.87	− 0.024	0.0080
1	35000	9.81	19.58	+ 0.026	0.0122
1	30000	6.67	31.12	− 0.021	0.0137
					$[p\delta\delta] = 6.1892$

Die Rechnung hat ergeben:

$$\begin{aligned} x &= 0.4085 \pm 0.0118 \\ y &= 2.5394 \pm 0.0163. \end{aligned} \tag{20}$$

Reihe 6.

Anzahl der Versuche	Beobachtet m	Beobachtet t	p	δ	$p\delta\delta$
1	90000	62.35	3.3	−0.356	0.4081
1	85000	53.90	3.9	−0.239	0.2202
1	80000	46.07	4.7	−0.030	0.0034
1	75000	38.99	5.7	+0.123	0.0911
1	70000	32.62	7.1	+0.237	0.4042
1	65000	27.19	8.9	+0.056	0.0298
3	60000	22.23	33.9	+0.029	0.0305
1	55000	17.69	14.7	+0.176	0.4667
1	50000	13.74	19.7	+0.303	1.8190
2	45000	10.90	54.2	−0.139	1.0320
1	40000	8.02	38.8	−0.028	0.0326
1	35000	5.71	58.2	−0.006	0.0029
2	30000	3.91	186.0	−0.046	0.3935
					$[p\delta\delta] = 4.9340$

Aus der Rechnung folgen die Constanten:

$$\left.\begin{aligned} x &= 0.2408 \pm 0.0037 \\ y &= 2.5263 \pm 0.0079 \end{aligned}\right\} \qquad (21)$$

Wenn somit gemäss (13), (14), (15), (20) und (21) die Grössen y in allen fünf hier discutirten Beobachtungsreihen mit einem sehr befriedigenden Grade von Genauigkeit bestimmt werden konnten, so ist doch nicht zu verkennen, dass die übrig bleibenden Fehler δ auf regelmässige Abweichungen zwischen der schliesslich gefundenen Formel und der dazu benutzten Reihe der beobachteten Zeiten t hindeuten. Ein Blick auf die Vorzeichen der δ beweist dies, und zwar zeigen die erste bis dritte Reihe einerseits, die fünfte und sechste Reihe andererseits unter sich eine gewisse Verwandtschaft in der Gruppirung der Vorzeichen, was darauf schliessen lässt, dass die aufgefundenen Formeln, so sehr sie sich den Beobachtungen anschmiegen, doch noch kein erschöpfender Ausdruck des Gesetzes sind, das in diesen zum Vorschein kommt. Der Vergleich mit den Tabellen der zweiten Mittheilung lehrt, dass hieran durch Einführung der Concentration an Stelle der Anzahl m oder n der Molecüle nichts geändert wird.

Es hatte noch ein gewisses Interesse, die durch Ausgleichungsrechnung gewonnenen Werthe für die Constante y mit denjenigen zu vergleichen, welche nach dem früher in Mittheilung II angewandten Näherungsverfahren erhalten worden sind. Hierbei stellen sich folgende Abweichungen heraus:

A. Beobachtungsreihen der ersten Versuchsclasse
(H_2O und SO_2 constant, HJO_3 variabel).

	Reihe 1.	Reihe 2.	Reihe 3.	Reihe 4.
Alte Berechnung	1.429	1.627	1.657	1.641
Neue »	1.424	1.633	1.6595	nicht berechnet.

B. Beobachtungsreihen der zweiten Versuchsclasse
(SO_2 und HJO_3 constant, Wassermenge variabel).

Behufs dieser Vergleichung sind die Werthe, welche früher in Mittheilung II. S. 207 und 208 für den dort mit z bezeichneten Exponenten erhalten wurden, zu verdoppeln. Man hat dann:

	Reihe 5.	Reihe 6.
Alte Berechnung	2.554	2.538
Neue »	2.539	2.526.

Für die in Mittheilung II. S. 208 — 210 aufgestellte allgemeine Formel:

$$t = \frac{K}{C^x_{SO_2} \cdot C^y_{HJO_3}}, \qquad (22)$$

welche die Zeitdauer der chemischen Umsetzung für jede Concentration C an SO_2 und HJO_3 finden lässt, hatte die alte Berechnungsweise (mit Weglassung der Reihe 1) den Exponenten folgende Werthe zuertheilt:

für HJO_3: 1.642 für SO_2: 0.904,

während aus den durch Ausgleichungsrechnung gefundenen Zahlen sich ergiebt:

für HJO_3: 1.646 für SO_2: 0.886.

Wie man sieht, sind in allen diesen Fällen die Differenzen unerheblich, und es wird daher bei der Berechnung der Zeiten keine wesentliche Verschiedenheit zwischen den Resultaten der alten und neuen Formeln auftreten. Somit dürfte zu Interpolationszwecken kein Grund vorliegen, die erstern zu verlassen.

Schliesslich möchte ich nicht verfehlen, Hrn. HEGEMANN meinen besten Dank auszusprechen für das an der vorliegenden Sache genommene Interesse sowie die viele Mühe, welche er auf die umfangreichen Rechnungen verwandt hat.

Ausgegeben am 25. November.

1886.
XLVII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

---

18. November. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Mommsen.

1. Hr. Brunner las über die Herkunft der Schöffen.

2. Hr. von Sybel legte eine Mittheilung des Hrn. Prof. Schottmüller vor: Bericht über die archivalischen Forschungen zur Geschichte und den Process des Tempelherrn-Ordens.

Die Mittheilung folgt umstehend.

Bericht über die archivalischen Forschungen zur Geschichte und den Process des Tempelherrn-Ordens.

Von Prof. Schottmüller.

(Vorgelegt von Hrn. von Sybel.)

Seit dem Verluste Akkons 1291 hatten die beiden mächtigeren geistlichen Ritterorden ihren Sitz auf der Insel Cypern gehabt und von dort aus ihren Kampf gegen die Ungläubigen fortgesetzt. Im Laufe des Jahres 1306 wurden die beiden Grossmeister von Clemens V. nach dem Abendlande berufen, vorgeblich um ihren Rath über die Unternehmung eines neuen Kreuzzuges und über die Möglichkeit einer Verschmelzung beider Orden abzugeben, in Wirklichkeit aber um den Papst Clemens, der durchaus nicht Willens war, seinen Sitz dauernd nach Frankreich zu verlegen, einen Rückhalt gegen ähnliche Gewaltschritte Philipp's des Schönen zu bieten, wie dieser sie gegen Bonifaz VIII. zu Anagni ausgeführt hatte. Der Johannitermeister Villaret entschuldigte zunächst sein Ausbleiben mit den Vorbereitungen zu der Eroberung von Rhodos. Der Templermeister aber, Molay, folgte dem Rufe, kam mit dem Grosspraeceptor Cyperns und wenigen seiner Ritter nach Marseille, begab sich zum Papst auf englisches Gebiet und später mit demselben nach Poitiers, wohin er auch mehrere der im Abendlande weilenden Grosswürdenträger des Ordens kommen liess.

Obwohl von Philipp's hinterlistigen Absichten und den von eben diesem König ausgestreuten Verläumdungen gegen die Templer genau unterrichtet, liess sich Molay doch, ohne dass wir den Grund dazu erführen, dazu bewegen, sich Anfangs October 1307 in die Machtsphaere des Königs nach Paris zu begeben, ward hier auf unrühmliche Weise in Sicherheit gewiegt — der König nahm selbst in der Tempelburg Quartier — und, nachdem er noch am 12. October bei der Leichenfeier von des Königs Schwägerin, der Erbin Constantinopels, eine hervorragende Ehrenstelle eingenommen hatte, in der darauf folgenden Nacht in der Ordensfeste, dem Tempel, überrumpelt und mit 140 seiner Recken gefangen genommen.

Das allem kirchlichen und weltlichen Recht hohnsprechende Verfahren suchte der König durch ein Manifest am 14. October zu rechtfertigen, ward aber durch eine Bulle des Papstes vom 27. October desselben Jahres Lügen gestraft, und suchte nun durch ganz unerhörte Foltern Aussagen von den Gefangenen zu erpressen, die ihn vor der Welt rechtfertigen sollten.

Durch eine Reihe weiterer Fälschungen, wie unter andern von Geständnissen Molay's, die dieser selbst unter den furchtbarsten Todesqualen als erlogen bezeichnete, ward Clemens vielleicht weniger von der Schuld der Templer überzeugt als durch die politischen Umstände gezwungen, dem König nachzugeben und eine allgemeine Untersuchung über die Schuld der Templer in allen Ländern anzuordnen, die überall da, wo französischer Einfluss maassgebend war, also auch in Neapel und dem Patrimonium Petri zu erfolterten belastenden Aussagen führte, an allen übrigen Orten aber mit der Freisprechung der Templer von den schuldgegebenen Anklagepunkten, so namentlich betreffs Ketzerei, endigte.

Es hat über dem Processe, der zum Untergang des mächtigsten der drei, während der Kreuzzüge entstandenen geistlichen Ritterorden führte, lange Zeit der Unstern gewaltet, dass die Acten desselben, ebenso wie die darauf bezüglichen Verhandlungen des Concils zu Vienne (1311—1312) den Geschichtsschreibern völlig entrückt waren. Nur diesem Umstande ist es zuzuschreiben, dass sich eine lange Reihe von falschen, ausschliesslich auf Combination und Conjectur beruhenden Fabeln bilden konnte. Noch schlimmer ward das Ärgerniss, wie Michelet in der Vorrede zu dem von ihm 1841 herausgegebenen procès des templiers der päpstlichen, zu Paris 1309—1311 inquirirenden Generalcommission p. IV sagt, durch kurze Auszüge, durch theilweise aus dem Zusammenhange gerissene Citate, nur ausgewählt nach dem Standpunkte der betreffenden Verfasser. Die Gelehrten, welche den später von ihm im Ganzen edirten Process benutzt gehabt, hatten nur dasjenige daraus gegeben, was die beiden völlig entgegengesetzten Systeme, ihre »Plaidoyers« zu stützen geeignet war: »sie haben dar»gelegt und sie haben verheimlicht«. »Besser war es, alles zu ver»öffentlichen, alle Urkunden, alle Actenstücke vollständig zu geben. »Dieses grosse Ereigniss, vielleicht das gewichtigste des gesammten »Mittelalters, musste, um würdevoll behandelt zu werden, sich der »Kritik darbieten in der Unversehrtheit aller Einzelheiten (omnia munda »mundis), in seiner vollen, naiven und schrecklichen Wirklichkeit.«

Was der grosse französische Geschichtsschreiber damals im Interesse der historischen Gerechtigkeit wünschte, ist bisher nur in geringem Maasse in Erfüllung gegangen, und noch in neuester Zeit sind Auszüge

in der von ihm so scharf gegeisselten einseitigen Weise veröffentlicht worden.[1] Wenn nun trotz der Gefahr, durch Eintönigkeit und zahllose Wiederholungen das Studium der Acten zu erschweren, dieselben möglichst vollständig von mir zum Druck gegeben sind, so geschah dies hauptsächlich, weil sie oft genug in sich die Kriterien bergen über Möglichkeit, bez. Wahrscheinlichkeit der Aussagen und ihrer Richtigkeit, weil sie auch durch die Beurtheilung ihrer selbst dem eindringlichen Forscher über zahllose Punkte Aufschluss gewähren, die bisher unbekannt oder unbeachtet geblieben waren. Erscheinen auch auf den ersten Anblick, wie schon Michelet bei seiner Veröffentlichung es wahrnahm, in dem monotonen Latein des päpstlichen Notars die Antworten ebenso identisch, ebenso uniform, wie die zu Poitiers zwischen Philipp IV. und Clemens V. vereinbarten Fragen, so wird ein aufmerksamer Beobachter nicht ohne Interesse wahrnehmen, wie selbst unter dieser plumpen Hülle die menschliche Individualität sich darthut mit ihrem Naturell, ihrer Verschiedenartigkeit, den Zufälligkeiten des Lebens, ja sogar oft genug mit dem unvorhergesehenen Hervorbrechen der lang zurückgehaltenen Leidenschaft der Verzweiflung.

Eine diplomatisch genaue Veröffentlichung,[2] wie sie anfangs des nächsten Jahres erscheinen wird, ist aber um so nothwendiger, als die betreffenden Acten sich zum Theil in sehr zerstörtem Zustande befinden, und dieser Zerstörungsprocess trotz der in neuester Zeit darauf verwendeten Sorgfalt fortschreitet, die Pergamente also in absehbarer Zeit wirklich unlesbar werden können. Dann aber ist auch nicht ausser Acht zu lassen, dass, wie schon früher auf die

[1] Prutz, Culturgeschichte der Kreuzzüge. 1883. S. 619—632, wo ein Zerrbild dieser Acten und ihres Inhalts gegeben wird, indem die schwerer lesbaren als »durch Schimmel zerstört für unlesbar« erklärt werden, in Wirklichkeit aber von dem Gesammtinhalt so wenig Kenntniss genommen ist, dass z. B. bei dem unter Nr. 1 veröffentlichten cyprischen Process von H. Prutz gar nicht bemerkt ward, dass die von ihm besprochenen Zeugen dieselben Templer sind, von denen er unter Nr. 3 ein anderes Protocoll desselben Verhörs bespricht. Ja, es hat derselbe sich nicht einmal die Mühe genommen, den allerdings über 150 Fuss langen rotulus auch nur aufzurollen, sonst hätte er merken müssen, dass, von völlig verschiedener Hand auf anders praeparirtem Pergament geschrieben, der von mir hier veröffentlichte erste cyprische Codex angeheftet war.

[2] Von dieser Regel durfte zur Ersparung des Raumes nur da abgewichen werden, wo, sei es wirklich durch Übereinstimmung der Zeugen, sei es durch die Individualität des Protocollführers veranlasst, die Fragebeantwortungen wörtlich übereinstimmten; aber selbst da ist auf die an sich unbedeutenden Varianten hingewiesen worden. Da dieser Band sich als eine Fortsetzung bez. Ergänzung zu Michelet's procès des Templiers betrachten lässt, so durften aus dem gleichen Grunde der Raumersparniss die dort, im I. Band veröffentlichten, an demselben Tage, dem 12. August 1308, von Poitiers aus an alle christlichen Regenten in völlig übereinstimmendem Wortlaut gesendeten Bullen unabgedruckt bleiben.

liberale Öffnung des vaticanischen Geheimarchivs, wie sie selbst der evangelische Bischof Münter sich zu Nutze gemacht hatte, Zeiten der hermetischen Abschliessung gefolgt sind, derartige Zeiten wiederkehren können, besonders wenn nicht mehr wie jetzt so überaus wohlwollende und einsichtige Leiter an der Spitze der päpstlichen Archive stehen, also die Forscher wieder in die Lage kommen können, nicht das gesammte vorhandene Material selbst prüfen zu dürfen.

Die Schicksale, welche die auf den Templerprocess bezüglichen Handschriften durchgemacht haben, sind nur zum geringen Theil festzustellen. Ist zunächst daran festzuhalten, dass mit Ausnahme des Immediatberichtes der päpstlichen Generalcommission in Frankreich und des Patrimonium Petri von den Originalprotocollen im Vatican sich keine Spur auffinden liess, sondern nur die behufs Verlesung vor dem Concil zu Vienne angefertigten Auszüge, wie der früher von Loiseleur und die weiter unten zu besprechenden Handschriften vorhanden sind, so ergiebt ein Blick in die treffliche Arbeit Ehrle's über Schatz, Bibliothek und Archiv der Päpste im XIV. Jahrhundert,[1] dass Clemens diese und voraussichtlich auch die auf dieselbe Angelegenheit bezüglichen Acten der anderen Länder auch bei kleineren Reisen mit sich führte, sei es, um sie als Material gegen Philipp IV. dauernd zur Hand zu haben, sei es, um sie vor dessen räuberischen Händen und der Vernichtung zu schützen, der selbst das registrum Bonifacii VIII. nicht völlig entgangen war. Nur so lässt es sich erklären, dass als Clemens V. auf der Reise zu Roquemaure bei Carpentras 1314 starb, in dem nach erfolgtem Tode aufgenommenen Inventar des »Schatzes«, welches nach der Bulle Gregor's IX. durch den Cardinal-Kämmerer sofort angefertigt werden musste, sich unter Anderem folgende nach damaligem Brauche zum »päpstlichen Schatz« gerechneten Archivalien verzeichnet finden:

2. .... duos libellos de regula Templi.

7. It. unam litteram bullatam, tria instrumenta et quasdam litteras clausas: —predicte littere sunt in una techa posite in cofino signato per signum *[2]

10. It. unum cofinellum parvum, in quo sunt multe littere regis Francie super factum Templariorum, et est repositus in eodem cofino.

[1] Archiv für Litteratur- und Kirchengeschichte des M. A. Herausgegeben von Denifle und Ehrle I. Bd. 1. Heft S. 1—48.

[2] Da die Mehrzahl der auf Bonifaz' Diffamation und die Templer bezüglichen Actenstücke mit demselben Kreuz bezeichnet sind, so ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass auch diese verschlossenen Briefe sich auf dieselben bezogen.

12. — — — — predicta posita sunt in cofino signato per hoc signum ✱.
15. It. unam cassam ligneam, in qua est una papirus sigillata sigillis tribus cardinalium.[1]
16. It. unam cassulam sigillatam tribus sigillis cardinalium, in qua *dicitur* esse bulla.
21. It. duos coffinos ligatos, in quibus sunt multe scripture Templariorum et similiter aliorum sigillatos *ut supra*.
22. It. in uno cofino veteri diversorum colorum sunt: una littera bullata bulla dñi Clementis et plures scripture posite in V sacculis sigillatis contingentes negotium Templariorum.

Nach Avignon zurückgebracht, blieben diese Acten daselbst, bis sie in der Mitte des 15. Jahrhunderts mit den übrigen »Schätzen«, allerdings nicht ohne beträchtliche Einbusse[2] nach Rom kamen, wo sie in der Engelsburg gesichert wurden, dann aber 1810, auf Napoleon's Geheiss, mit dem gesammten vaticanischen Archiv nach Paris wanderten,[3] wo, wie das von RAYNOUARD angefertigte, in dem kritischen Theile meiner Arbeit veröffentlichte Verzeichniss erweist, selbst noch 1812 eine ausserordentlich viel grössere Anzahl von Templeracten, als jetzt vorhanden ist, existirte, welche erst seit dem gleich nach der Restauration der Bourbons erfolgten Rücktransport des vaticanischen Archivs nach Rom verloren gegangen sind und bisher nicht auffindbar waren.

Die Möglichkeit dieses Verlustes, der vielleicht nur aus einem das Wiederfinden nicht ausschliessenden »Verlegen« entstanden ist, erklärt sich hauptsächlich aus dem von Hrn. Cardinal HERGENRÖTHER mitgetheilten Umstande, dass die Templerprocesse nicht dem eigentlichen Archive einverleibt waren, es deshalb auch jetzt noch unmöglich ist, dieselben nach ihren Registernummern zu citieren. Aus diesem Grunde und um späteren Verwechselungen vorzubeugen erschien es mir auch nothwendig, die Breiten- und Längenmaasse der einzelnen Handschriften anzugeben, zumal wiederholentlich die Codices getheilt worden, die Bruchstücke theils gänzlich verloren gegangen, theils zeitweise verlegt, später wiedergefunden, aber wegen ihrer schweren Lesbarkeit für besondere Codices gehalten worden sind, bis sie 1880 von mir als zusammengehörig erkannt, richtig zusammengestellt und

[1] Vielleicht enthielten diese das bisher vergebens gesuchte, von drei Cardinälen abgehaltene Verhör Molays und der Grosspräceptoren zu Chinon, dessen Fälschung oder Unterschiebung oben erwähnt ist.

[2] DIEKAMP, die neuere Litteratur zur päpstlichen Diplomatik in dem historischen Jahrbuche der Görres-Gesellschaft Bd. IV. S. 255.

[3] Wo RAYNOUARD sie sorgfältig benützt hat, aber ohne irgend welche Angabe zu machen, welchem Actenstücke seine Excepte angehören.

auf meine Veranlassung wieder zusammengeheftet worden sind.[1] Aber nach dieser ersten sichtenden Arbeit habe ich bei dem mangelhaften Lichte lange vor den der Hauptsache nach schwer, zum Theil scheinbar gar nicht entzifferbaren Handschriften gesessen, in Zweifel, ob das Abschreiben überhaupt möglich sei und ob die aufgewendete Mühe belohnt werden würde. Da gab ein zu rechter Zeit eintreffendes Wort des Feldmarschalls, weiland Seiner Königlichen Hoheit des Prinzen Friedrich Karl von Preussen, der in Auffassung und Darstellung ein bedeutenderer Historiker war, als in weiteren Kreisen bekannt ist, die Entscheidung: »man muss auch die schwerste Arbeit »zunächst frisch anfangen: trotz der Schwere und trotz des zweifel»haften Erfolges kommt dem Muthigen die Hülfe immer aus und »in der Arbeit selbst.« Und die Hülfe ist auch mir aus und in der Arbeit selbst gekommen, so dass schiesslich die beim ersten Anblick scheinbar zerstörten Schriftzüge sich schliesslich mehr oder weniger leicht lesen liessen.

Besonderen Dank schulde ich Sr. Eminenz, dem Cardinalarchivar Hrn. Hergenröther für die bereitwilligst zugestandene Benutzung des vaticanischen Archivs wie für manchen practisch verwendbaren Wink, sodann aber auch dem trefflichen Archivisten Don Pietro Wenzel, welchem letzteren es insonderzeit auch zu danken ist, dass die von mir wegen Mangels an Zeit zurückgestellten weniger wichtigen Theile des cyprischen Processes, anstatt in sachlichen Excerpten vollständig zum Abdruck gelangen können.

Um den Werth der einzelnen, zum ersten Mal vollständig zum Abdruck kommenden Protocolle für die Geschichtsschreibung klar zu legen, sei Folgendes hervorgehoben.

Das Verhör zu Poitiers

vom 28. Juni bis 2. Juli 1308.

Hatte König Philipp seinen Hauptschlag gegen die Templer vom 13. October 1307 trotz der entgegengesetzten Behauptungen in seinen amtlichen Erlassen nicht nur ohne Mitwissen, sondern sogar direct gegen ein dem Papst Clemens gegebenes Versprechen geführt, so war er in seinem Hauptstreben, der völligen Vernichtung der Templer, abgesehen von manchen inzwischen errungenen kleineren Vortheilen, nicht vorwärts gekommen, und selbst die zu Tours am Anfang

[1] Rühmend sei bei dieser Gelegenheit des Archivisten Don Gregorio Palmieri gedacht, der bei der damals noch nicht in dem jetzigen Umfange gestatteten Benutzung des Archivs durch Aufsuchen der fehlenden Stücke mir wesentliche Hülfe geleistet hat.

Mai 1308 erfolgte Verdammung dieser geistlichen Ritterschaft seitens seiner Generalstände, die freilich zu einem solchen Urtheil weder berechtigt noch befähigt waren, konnte in ihren Drohungen nur als ein Pressionsmittel gegen den Papst dienen, um die von Clemens dem Beichtvater des Königs und Inquisitor Franciens, W. Imbert, und den französischen Bischöfen entzogene Befugniss zu weiterem Inquisitionsverfahren wieder zu verschaffen. Allein der nach der bisher gültigen, aber nicht begründeten Auffassung »stets nachgiebige schwache Clemens« setzte Philipp einen so zähen, wohldurchdachten Widerstand entgegen, dass dieser darauf denken musste, den Papst von seiner, des französischen Königs, ungünstigen Meinung über die Templer zu überzeugen, und zwar nicht wie bisher durch unbeglaubigte Behauptungen, in welche Kategorie der Papst sicherlich auch die sogenannten Eingeständnisse der gefangenen Templer, namentlich Molay's, rechnete, sondern durch eine Vernehmung von Templern aller Grade, die unter seiner eigenen Leitung vorgenommen werden sollte.

Philipp ging scheinbar darauf ein: er hatte, auch abgesehen von Flexian oder Floyrac, dem in das Reich der Mythe zu verweisenden Prior von Montfaucon, eine grosse Reihe von dem Orden untreu gewordenen oder ausgetretenen Templern an der Hand; andere waren durch lang fortgesetzte Foltern und vielwöchentlichen Hunger mürbe gemacht — die Acten ergeben das ohne Commentar — und hatten sich bereit erklärt, die gewünschten Aussagen auch vor dem Papst zu wiederholen. Selbst den Grossmeister und die Grosspräceptoren erklärte der französische König sich bereit, dem Papste in Poitiers vorzuführen. Dass diese dann, da sie persönlich vor letzterem erscheinend, Philipp's ganzes Lügengewebe mit einem Schlage durchrissen hätten, um desswillen nicht vor dem Papste erscheinen durften, sondern dass ihr Verhör dreien, Philipp völlig ergebenen, erst auf seine Veranlassung in ihre Würde beförderten Cardinälen übertragen wurde, ist ebenso an anderer Stelle ausgeführt, wie dass das von diesen Cardinälen aufgenommene[1], aber bisher leider noch nicht wieder aufgefundene Protocoll zu Chinon von den Hauptbetheiligten, namentlich von dem Ordensmeister Molay für erlogen erklärt ist, eine Behauptung, die um so mehr an Wahrscheinlichkeit gewinnt, als der Papst bereits in einer Bulle vom 12. August 1308 auf jene Verhöre und die darin enthaltenen Geständnisse hinweist,

[1] Ihre Anfertigung und Beglaubigung als öffentlicher Urkunden wird bei Baluz. vit. pap. Aven. II, 123 ausdrücklich dem Könige von den drei Cardinälen mitgetheilt, der Inhalt aber nur so allgemein zusammengefasst, dass man sich ein Bild von dem, durch Molay als Täuschung bezeichneten Verfahren nicht machen kann.

während sie doch erst am 17. desselben Monats in dem zehn Meilen nördlich von Poitiers gelegenen Chinon begannen, erst am 20. August zu Ende geführt und die Protocolle nach der Cardinäle eigener Aussage bis gegen Ende des Monats den Betheiligten wiederholt vorgelesen worden seien, also auch nicht vor dem Ende des Monats dem Papste zugegangen sein können. Die Auffindung dieser Protocolle würde wahrscheinlich eben so interessante Aufschlüsse und kritisches Material für ihre Entstehung ergeben, wie es die Verhöre zu Poitiers darbieten.

Diese Verhöre fanden indessen nicht, wie in den Acten selbst behauptet wird, unmittelbar vor dem Papste statt, sondern wie die genaue, kritische Durchsicht ergiebt, vor einer Commission von fünf Cardinälen, welche aber nicht gemeinsam ihre Aufgabe erfüllten, sondern dieselbe gleichzeitig erledigten, indem jeder eine gewisse Anzahl Templer vernahm, der Papst also auch nicht, wie er selbst behauptet, zu derselben Zeit allen diesen Sitzungen angewohnt haben kann.

Es ergeben ferner die Notariatsvermerke, dass die Protocolle der am 28., 29., 30. Juni und am 1. Juli vorgenommenen Verhöre, selbst die Fragen eingeschlossen, die am 2. Juli 1308 bei der Verlesung im öffentlichen Consistorium der Papst etwa richten werde, bereits vorher fertiggestellt waren! Es waren auch die verhörten Ordensmitglieder, die sich zu belastenden Aussagen verstanden hatten, verpflichtet worden, am 2. Juli in jenem öffentlichen Consistorium ebenso auszusagen, wie vorher, d. h. bei der Verlesung der Aussagen nicht zu widersprechen! Als sie später 1310 in Paris gegen die Richtigkeit des Protocolls protestirten oder ihre Aussagen als erfoltert widerriefen, wurden sie verbrannt. Diejenigen Templer, welche, nach Poitiers gebracht sich geweigert hatten, belastende Aussagen gegen den Orden zu machen, wurden dem Consistorium überhaupt nicht vorgeführt.

Es erwächst aber auch dem sorgfältigen Leser dieser Acten der Zweifel, ob trotz aller beigefügten Beglaubigungsformeln der Process in der vorgegebenen Weise stattgehabt haben kann: wird z. B. behauptet, es sei jedem Einzelnen seine Aussage singulariter et divisim latine et vulgari in lingua seu materna nicht nur vorgelesen, sondern auch erläutert worden, und darauf wiederum an jeden Einzelnen vom Papste die Frage gerichtet, ob er das vorstehende bekannt habe prece, pretio, gratia, amore, odio, timore aut inductione vel aliis causis quibuscunque und utrum aliqua falsitatis addiderit presenti confessioni et aliqua dimiserit addere veritatis et si vult in presenti confessione perpetuo remanere u. a. m., so ergiebt sich aus der Zeit, die

allein das Verlesen des erhaltenen lateinischen Textes von den noch vorliegenden 33 Zeugenaussagen, also der kleineren Hälfte des Gesammtprotocolls, dass die oben gerühmte Genauigkeit an dem einen Tage, dem 2. Juli 1308, gar nicht angewendet worden sein kann.

Der Umstand, dass die Protocolle zu Anfang stets sehr viel breiter angelegt worden waren und gegen den Schluss immer mehr summarisch gefasst werden, also auch bei den Verhören eiliger verfahren ist, gestattet die Folgerung, dass da das gesammte Protocoll laut Notariatsvermerk auf 5 rotuli abgefasst war, für die fehlenden 39 Templer also nur 2 rotuli verwendet wurden, mit dem Verhör der letzteren sehr viel leichtfertiger verfahren worden sei: es würde dies auch die Thatsache erklären, dass zu Paris so viele Ordensleute behaupten, sie hätten gar nicht oder nicht in der angegebenen Weise vor dem Papste ausgesagt.

Viel bedeutsamer aber ist die Wahrnehmung, dass die Subjectivität der Protocollführer sich in so auffallender Weise bemerklich macht, dass zum Theil der Sinn völlig verändert wird. Lässt u. A. der eine die Neuaufzunehmenden stets bitten um die fraternitas *domus* dicte, so fordern bei dem andern dieselben fraternitas *ordinis*. Am auffälligsten zeigt sich aber die gerügte subjective Auffassung bei der Vernehmung des Zeugen Iterius de Rupeforti. Wenn nun schon allein bei diesen drei Protocollen zu Poitiers, die doch nach einer einheitlich gegebenen Instruction zu demselben Zweck, zu derselben Zeit, unter den Augen des Oberhauptes der Kirche, ja wie behauptet wird, in seiner Gegenwart geführt sind, eine so bedeutende Verschiedenheit durch die subjective Auffassung der Process- oder Protocollführenden sich kundthut, dass man den Schwerpunkt bei der Forschung auf die Fragen und die in diesen befindliche Lancirung der Antworten suchen muss, dann erscheint auch die Frage berechtigt, ob man nicht bei den anderen Verhören, die doch unter den verschiedensten Einflüssen, an weit entlegenen Orten, von ganz verschiedenen Personen abgehalten wurden, noch viel mehr Bedacht nehmen muss auf das Ausscheiden der subjectiven Zuthaten.

Der Hauptwerth dieses vor dem Papste veranstalteten Verhörs wird also zum Theil auch darin gesucht werden müssen, dass durch dasselbe es ermöglicht wird, wenigstens in einigen Fällen durch die Vergleichung der an drei verschiedenen Stellen, 1307 vor dem Grossinquisitor Imbert, 1308 zu Poitiers vor dem Papst und 1310 vor der päpstlichen General-Commission gemachten Aussagen, die subjectiven Elemente auszuscheiden, und durch Hervorheben der bei dieser Gelegenheit sich ergebenden Widersprüche so manche Aussagen auf ihren wahren Werth zurückzuführen.

Excerpt des englischen Processes.

Der englische Process war bisher verhältnissmässig am genauesten bekannt, da durch den trefflichen Beschluss der Londoner Synode 1309, jedem der Bischöfe zur Ermöglichung eingehender Überlegung und Berathung eine Abschrift von den Aussagen der gefangenen Templer und den zugezogenen Zeugen an die Hand zu geben,[1] das betreffende Material fast vollständig uns erhalten ist, und diese Vollständigkeit wesentlich dazu beigetragen hat, selbst diejenigen von der Unbescholtenheit der »englischen Zunge« der Templer zu überzeugen, die im Übrigen nicht anstehen, den gesammten Orden als der erhobenen Anklagepunkte schuldig zu verdammen. Wie aber selbst dies treue Spiegelbild der stattgehabten Verhandlungen verzerrt werden konnte, um die zu dem Concil zu Vienne »versammelten Väter« zu einem den Orden verurtheilenden Schluss zu bewegen, zeigt das nur ad hoc angefertigte, zum ersten Male hier abgedruckte Excerpt. Es ergeben sich aus dem Vergleich desselben mit den Originalen weitgreifende Folgerungen über die wirkliche Objectivität der die Untersuchung führenden englischen Bischöfe und die Flüchtigkeit in der Anfertigung dieses Auszugs, der, wie die verschiedene Namenschreibung unmittelbar neben einander, die Verwechselung von mönchischen Zeugen und Templern, zahlreich durchstrichene und radirte Wörter und vor Allem das gänzliche Fehlen von Datum, Unterschrift und Beglaubigungsformeln darthun, nicht zur Einverleibung in das Archiv, sondern nur zum Verlesen bei dem Concil bestimmt gewesen sein kann. Nicht unwahrscheinlich ist es, dass die päpstlichen Commissare dieses Excerpt wie die aus den anderen Processen erst in Malaussona oder in Vienne angefertigt haben. Denn wäre die Handschrift schon in England hergestellt worden, so wäre sicherlich wie bei allen den anderen Processen eine Beglaubigung hinzugefügt worden: in Vienne, von einem der Commissare selbst angefertigt und vorgelesen, hatte die Handschrift eine besondere Beglaubigung nicht nöthig.

Zum Verständniss dieser Verhöre sei darauf hingewiesen, wie ablehnend König Eduard II. sich anfänglich gegen die Zumuthung zur Verhaftung der Tempelherrn in England verhalten, wie er selbst an die ausserfranzösischen Könige geschrieben hatte zur Ergreifung gemeinschaftlicher Schritte gegen seines Schwiegervaters, Königs Philipp unlautere Absichten, wie dann allmählich durch des Papstes Ein-

---

[1] (Wilkens) Concilia Magnae Britanniae et Hiberniae II. 313: publicatae fuerunt depositiones et dicta tam templariorum quam testium ad haec vocatorum, et super huiusmodi depositionibus et dictis decreta fuit copia singulis episcopis facienda ad deliberandum super premissis.

greifen und durch die Hoffnung selbst bei der Vernichtung des Ordens sich bereichern zu können, eine Wandlung des Sinnes in ihm herbeigeführt ward, wie die zu London, Lincoln und York unter Anwendung gerechter Mittel veranstalteten Untersuchungen nichts Nachtheiliges gegen die »Ritterschaft Christi« zu Tage gefördert hatten, wie dann selbst das vom Papst Clemens direct angeordnete Foltern, mit Ausnahme bei Tanet, Stapelbrugge und Torri, keine genügenden Ergebnisse lieferte, und man sich seitens der Erzbischöfe mit der allgemein gehaltenen Erklärung der Tempelritter zufrieden gab, dass sie »wegen »der Verleugnung Christi u. s. w. um ihren guten Ruf gekommen »seien, sich dieserhalb nicht vertheidigen könnten und bereit seien, »aller Häresie abzuschwören«.

Und was wird aus diesen so bedingten Aussagen durch die Commissare gemacht, welche dem Concile unter allen Umständen hinreichendes Material für die Aufhebung des Ordens verschaffen sollten?

Durch eine unglaublich kühne Wendung wird in der »diminutio laboris« gegenüber den übereinstimmenden Aussagen aller in England, Schottland und Irland verhörten Templer das erfolterte Geständniss der oben genannten drei für alle Mitglieder des Ordens gleich verbindlich erachtet; in eben so kühner Schlussfolgerung wird bei Punkten, über die auch mit Anwendung der äussersten Mittel in England selbst nichts hatte erpresst werden können, die Schuld der Templer auch in England gefolgert aus dem Umstande, dass ja der Papst diese Punkte in seinen Bullen und Briefen als erwiesen hingestellt habe. Mit besonderer Breite aber wird das Gerede alter Weiber und einzelner Minoritenmönche berichtet, welche nicht aus eigener Kenntnissnahme, sondern aus dem Gerede Anderer, die wiederum berichten, dasselbe von Anderen gehört zu haben, die unglaublichsten Dinge anfangs noch schüchtern als ut fertur, ut dicitur, später aber nach drei- bis viermaligem Verhör als feststehende Thatsachen erzählen; aber damit auch unzweifelhaft darthun, wie sehr trotz aller juristischen Formen in diesem Processe subjectives Ermessen, Übelwollen und Abneigung eine entscheidende Rolle spielen, und in welcher Weise die »Diffamation der Templer« Schritt für Schritt weiter ging, und wie allmählich aus den von den Zeugen anfangs kaum selbst geglaubten Gerüchten feststehende Thatsachen gebildet werden.

Wenn auch die übrigen vor dem Concil zu Vienne allein zur Verlesung gekommenen Auszüge — und es liegt keinerlei Grund vor daran zu zweifeln, — in derselben Weise angefertigt worden sind, dann liefert der Vergleich der hier abgedruckten Handschrift mit

den Originalprotocollen den unwiderleglichen Beweis dafür, dass Papst Clemens den Orden der Tempelherren mittels gerichtlichen Verfahrens »absque offensa dei et juris injuria« nicht verurtheilen konnte, und er deshalb, gedrängt von dem waffenmächtigen französischen König zu dem Auskunftsmittel griff, ihn nicht per modum definitivae sententiae, sondern per modum provisionis seu ordinationis apostolicae aufzuheben.

Von noch grösserer Bedeutung ist

Der cyprische Process,

zu dessen Würdigung bei der grossen Verbreitung falscher Nachrichten einige Einleitungsworte nöthig sind.

Als Jacob Molay gegen Ende des Jahres 1306 oder beim Beginn von 1307 der Aufforderung Papst Clemens' V. folgte und nach Frankreich ging, liess er in Cypern, welches nach dem Verluste Akkons und namentlich auch nach dem der Insel Tortosa der Hauptstützpunkt des Ordens zur Erfüllung seiner Mission geworden war und für die damals noch fest erhoffte Wiedereroberung des heiligen Landes auch sein musste, ausser seinem gesetzmässigen Stellvertreter, dem Ordensmarschall und einer Reihe der wichtigsten Beamten, wie sich aus den Pariser Protocollen des Jahres 1309 ergiebt, auch den grössern Theil des Convents zurück, um die Interessen des Ordens auf dieser vielumstrittenen Insel, die früher dem Orden schon einmal gehört hatte, zu wahren.

Widerlegt sich durch diese Thatsache eine Reihe der bisher giltig gewesenen Folgerungen, namentlich über die Verlegung des Ordenssitzes mit Convent und Schatz nach Frankreich, so gewinnt auch die Frage über die dem Orden schuldgegebene Verirrung in Glaubens- und Sittlichkeitsauffassung eine ganz neue Seite durch die Veröffentlichung des Prozesses bezüglich der Aussagen der hier verhörten ältesten und in der eigentlichen Wirkungssphäre des Ordens ergrauten Mitglieder desselben. Dieser Process ist nach dem zu Poitiers im August 1308 erfolgten Ausgleich zwischen dem französischen König und dem Papst, wie die Processe in allen anderen Ländern angeordnet worden durch die Bulle vom 12. August 1308 »regnans in coelis«, eine Bulle, welche, wie oben dargethan ist, sich auf die erst zwischen dem 17. und 20. August erfolgten Verhöre des Grossmeisters zu Chinon bezieht, in Bezug auf welche Papst Clemens V., wie ja zeitlich die Berufung auf eine frühestens am 17. August gemachte Aussage in einem am 12. August ver-

öffentlichten Actenstück eine Unmöglichkeit ist, so auch dem Inhalt nach, von Philipp IV. und seinen Organen getäuscht sein muss, eine Auffassung, der sich auch die sämmtlichen in Cypern verhörten Grosswürdenträger des Ordens anschliessen.

Der eigentliche Process ward dann, nachdem die Vorladungen und die Publicationen der Bullen mit der, jener Zeit eigenthümlichen Umständlichkeit erfolgt waren, am 1. Mai 1310 eröffnet und bis zum 19. Juni desselben Jahres zu Ende geführt.

Bei der zum Theil weit vorgeschrittenen Zerstörung der betreffenden Codices ist der Inhalt derselben bisher nie gründlich festgestellt worden, und selbst in dem von Prutz, Culturgeschichte der Kreuzzüge 1883 S. 619 und 620 gegebenen Berichte darüber finden sich so ungenaue und unrichtige Angaben, dass sie nur mit des betreffenden Verfassers Angabe, die Handschriften seien für ihn fast ganz unleserlich gewesen, entschuldigt werden können.

Machte theils der Zustand, theils die Zertheilung der Handschriften, die aus vielen Stücken Pergament ursprünglich zusammengeheftet, sich allmälig getrennt hatten und vielfach falsch zusammengelegt waren, bei dem Wechsel der Schrift mitten im Text, grosse Schwierigkeiten in der Feststellung der Zusammengehörigkeit der einzelnen Theile, einer Arbeit, die 1880 mir nur zum Theil gelang, so steigerte sich diese Schwierigkeit durch das Auffinden eines doppelten Verhörs der in Cypern befindlichen Templer, und veranlasste bei mir die irrige Voraussetzung von zwei, zwar zufällig an denselben Tagen, aber in verschiedenen Jahren, also der Zeit nach verschiedenen Verhören, die, wie in anderen Ländern[1], so auch in Cypern abgehalten worden seien. Indessen hat die Entzifferung eines Jahresdatums an einer sonst völlig zerstörten Stelle die Gleichzeitigkeit beider Protokolle unzweifelhaft dargethan[2]. Da nun das eine dieser beiden, mit denselben Templern angestellten Verhöre sehr kurz gefasst ist und neben den, die Personen betreffenden Angaben nur ganz allgemein auf die vom Papst übersendeten 123 Frageartikel Bezug nimmt, da ausserdem dieses Exemplar in einem Notariatsvermerk den Anspruch erhebt, das Hauptexemplar zu sein, welches nämlich dem Papst zum Concil von Vienne übersandt ward, da das andere Verhör aber diese persönlichen Verhältnisse, die doch nach Analogie der

[1] Es findet sich neben den anderen Beweisen für diese Thatsache bei Loiseleur p. 172 in dem sogenannten toscanischen Process der Ausdruck noviter de inquisitione facienda.

[2] Prutz l. c. S. 619 giebt, da er die Identität gar nicht gemerkt hat, an, der von ihm unter I citirte Codex enthalte die Aussagen von Nichttemplern, ein drastisches Beispiel für seine Art, Quellen zu prüfen.

anderen Processe ganz besonders sorgfältig aufgezeichnet wurden, völlig unberücksichtigt lässt und nur die detaillirten Antworten auf die einzelnen Fragen »singulariter et divisim« wiedergiebt, so ergab sich die Vermuthung, dass man, wie es auch in andern Ländern geschah, das sorgfältig ausgeführte Hauptprotokoll am Orte der Untersuchung im erzbischöflichen Archiv zu Nikosia behielt, und dass dem Papst überhaupt nur ein Auszug eingesendet wurde, dass dann aber dieser Auszug des cyprischen Processes, der für den damaligen Stand der Angelegenheit 1311 durchaus nicht den Wünschen Clemens' V. entsprach, die Veranlassung bot, von dem mit der Untersuchung betrauten Bischof von Nimotium eine genauere Begründung und die speciellen Fragebeantwortungen einzufordern, und dass diese dann, da die Personalien bereits in dem zuerst eingesendeten Auszug vorhanden waren, ohne weitere Zuthat in dem nach erhaltenem zweiten Codex der Curie eingesendet wurden.[1]

Nicht ausgeschlossen ist aber auch die Möglichkeit, dass der unmittelbar nach dem Schlusse der Untersuchung am 28. Mai stattgefundene Tod des Notars Paulus — er heisst in der Beglaubigungsformel »quondam«, und der Rest des Protocolls ist von einem anderen Notar Onuphrius abgefasst — die Herstellung eines einheitlichen Protocolls erschwerte. Es stellt sich demnach der Gang des Processes in Cypern so, dass vom 1 bis 5. Mai 1310 das Verhör von einundzwanzig nicht dem Orden angehörigen Zeugen stattfand, vom 5. bis 31. Mai die sechsundsiebzig in Cypern befindlichen Templer vorgeführt wurden, und vom 1. bis 19. Juni fünfunddreissig Zeugen der verschiedensten Gesellschaftsclassen auf Cypern ihre Aussagen machten.

Der ausserordentliche Ernst der Handhabung der Untersuchung auf der Insel Cypern, der sich neben der formalen Sorgfalt in zahllosen Einzelheiten, namentlich in Zwischenfragen kundthut, wird auch dadurch erwiesen, dass, als der mit der Führung des Processes beauftragte Bischof von Nimotium, der auch das damals verwaiste Erzbisthum von Nicosia verwaltete, schwer erkrankte, er zwar vom 15. Mai 1310 ab wiederholt den Bischof von Famagusta mit seiner Stellvertretung beauftragte, dann aber doch, sobald sein Zustand es irgend erlaubte, den Verhandlungen selbst beiwohnte.

Selbst in der Zuziehung der Beisitzer (presentes) zeigt sich die Commission nicht willkürlich, sondern es entscheidet dabei die Landsmannschaft, um der Sprache des Einzelnen gerecht zu werden. Das Verhör findet in dem Hause des »edlen Ritters Herrn Balian von Saxono«

[1] wobei, was die Liederlichkeit des Protocollschreibers kundthut, des letzten Templers Aussage abzuschreiben vergessen ward.

(auch Seissono) statt, und abgesehen von den durch Unwohlsein und der Rücksicht auf Sprachkunde verursachten Aenderungen in Gegenwart der Bischöfe Petrus von Nimotium und Balduin von Famagusta, der Canoniker Nicolaus Bonihominis von Nicosia und Nicolaus decanus von Famagusta, seltener und zwar an Stelle des letzteren Anthonius von Famagusta, an Stelle des ersteren Petrus Stephani von Nicosia; ferner der Schatzmeister von Nimotium, Hugo von Carmadino,[1] ausnahmsweise treten ein Aimericus von Baveta und der Capellan Egidius von Akkon, sowie der vielleicht ungenau gelesene Wilhelm v. »Schoria«. Aus den Minoritenorden erscheinen als Beisitzer der Prior Balduin, dessen Stellvertreter auf Cypern Rugerius Anglici, der Guardian Raymund von Lignaco, und die Brüder Jordanus von Paris und Aymericus. Von Predigermönchen sind zugegen der Prior Nicolaus von Nicosia, Jordanus Angeli, Leo von Requesta und Johannes von Sto Quintino.

Das Material in den vier cyprischen Codices ist so reich, dass sich über viele der Grosswürdenträger und selbst über einzelne Präceptoren nicht nur die äusseren Lebensverhältnisse, sondern auch Charakterschilderungen zusammenstellen lassen; und eine Fülle einzelner Notizen ergänzt unsere Kenntniss von Ortschaften, Balleien, Tempelgütern und auch von Familien, die zum Templerorden in so nahe Beziehung getreten waren, dass ihren nachgeborenen Söhnen, sowie anderen Gliedern Commenden und Comthureien dauernd gesichert blieben. Auch über staatsrechtliche Verhältnisse in dem bei seiner Überrumpelung noch landlosen, und deshalb trotz trefflicher Organisation so schnell dem Verderben erliegenden »Ordensstaat« findet sich so viel Thatsächliches eingeflochten, dass der künftige Verfasser einer Geschichte der Tempelherren, nicht wie grossentheils die bisherigen, auf Vermuthungen angewiesen ist.

Unentbehrlich zum Verständniss des gesammten Processes erweist sich

Das Verhör von Brindisi.

Denn über das Verfahren gegen die Templer im Königreich Neapel finden sich verhältnissmässig wenig beglaubigte Nachrichten: indessen ist es wahrscheinlich, dass Karl II. (von Anjou) die Verhaftung derselben dort spätestens an demselben Tage, wie in der ihm gehörigen Grafschaft Provence habe vornehmen lassen, dem 24. Januar 1308.

Obwohl der Macht und des Einflusses oft gedacht wird, welche die zahlreichen, in dem Königreich wohnenden Glieder des Ordens

[1] Auch de Carmagnino genannt.

gegen die französischen Träger der Krone, speciell gegen Karl II. geltend gemacht hatten, so ist uns doch nur das hier abgedruckte Verhör von zwei, zu Brundisium verhörten Servienten überliefert. Die Aussage auch nicht eines einzigen Ritters aus dem ganzen Königreich ist uns erhalten geblieben; und es wirft sich die Frage auf, ob wirklich alle anderen Verhöre verloren gegangen sind. Sollten von den zahlreich dort vorhanden gewesenen Templern in Wahrheit nur diese zwei »dienenden Brüder« in die Hände der weltlichen Macht gefallen sein? Oder sollte man, wie die Inquisitoren der Florentiner Untersuchung es cynisch genug eingestehen, die Aussagen derer, die zum Bekennen der erwünschten Anklagepunkte auch durch Foltern nicht zu bewegen gewesen waren, auch von hier gar nicht erst an den Papst eingesendet haben?

Hatten die 1308 gleich nach der Verhaftung der Templer ohne präcise Anweisung oder auch die nach dem 12. August desselben Jahres unter Zugrundelegung der 123 Artikel angestellten Verhöre in den einzelnen Ländern so verschiedenartige Aussagen zu Tage gefördert, dass dieselben zu einer juristischen Verwendung nicht brauchbar waren, da sie sich in sich selbst allzusehr widersprachen, um auf Glaubwürdigkeit Anspruch erheben zu können, so hat Papst Clemens V., der angesichts der in Frankreich vollzogenen »Diffamation der Templer« an einen segenbringenden Fortbestand des Ordens nicht mehr glauben konnte, zu dessen Unterdrückung aber übereinstimmende Aussagen für das Concil brauchte, eine neue Untersuchung über die durch 4 Artikel vermehrten Fragen angeordnet; und damit eben die erwünschte Übereinstimmung in den, den Orden belastenden Aussagen hergestellt würde, aus seiner Umgebung Personen den einzelnen Untersuchungscommissionen beigegeben, die mit der Tendenz ihres geistlichen Oberherrn völlig vertraut, den Verhören eine bestimmte Richtung geben sollten.

Die Beeinflussung dieser von der römischen Curie gesendeten Beisitzer mag auch wohl die Veranlassung geboten haben, dass der Erzbischof von Neapel es vorzog, unter nichtigem Vorwande — denn sein Entschuldigungsschreiben und der Beginn der Untersuchung liegen vier Monate auseinander — dem Verfahren fernzubleiben; und da auch der Vertreter des dritten bedeutenderen Erzbisthums von Unteritalien, Benevent, der Bischof von Avellino, inzwischen gestorben war, so ward der Process nur von dem Erzbischof von Brundisium und dem Canoniker Jacobus de Carapelle von Sta Maria maggiore in Rom, sowie den beiden päpstlichen Abgesandten Arnulphus Bataylle, archidiaconus Natzaniae der Diöcese Bourges und Berengarius de Olargiis, Capellan des Papstes aus Narbonne am 15. Mai 1310 in dem

Palast der königlichen Burg zu Brindisi eröffnet, die Vorladungen auf den 22. Mai mit einer selbst die päpstliche Commission im Patrimonium Petri übertreffenden Umständlichkeit vollzogen, ja selbst in dem grossen Tempelhause zu Brindisi verlesen, obwohl man wusste, dass die dort gewesenen Ordensglieder geflohen oder gefangen abgeführt waren; und schliesslich, als Niemand erschien, das Contumacialverfahren beschlossen. Ob die Citation auch in den verschiedenen Haftstätten der Templer mitgetheilt war, wie dies von Seiten der päpstlichen Generalcommission zu Paris geschah, wird nicht erwähnt, ist auch in sich unwahrscheinlich. Ebenso bleibt unaufgeklärt, ob der Grosspraeceptor von Apulien, Oddo de Valdric von dem gegen ihn eröffneten Verfahren Kenntniss erhielt, ob er überhaupt in Apulien weilte, oder ob gegen ihn der Process ebenso in seiner Abwesenheit anhängig gemacht wurde, wie gegen Raimbaut de Caron, den Grosspraeceptor Cyperns, der in Frankreich gefangen gehalten ward.

Musste man nach dem Beschluss vom 15. Mai erwarten, dass ein volles Contumacialverfahren »gegen den Orden der Templer, sowie den im Königreich Sicilien installirten Grosspräceptor« statthaben würde, aus dem sich ein Urtheil fällen liess, wie es u. A. in den excerpta processus anglici geboten wird, so beschränkt sich die Thätigkeit der Commission am 5. Juni 1310, mit welchem Tage das Verfahren geschlossen wird, auf das Verhör der zwei dienenden Brüder.

Die Aussagen dieser beiden von dem Erzbischof von Brindisium verhörten Servienten sind als besonders belastend für den Orden verwendet worden, weil man bisher meist nur einzelne, aus dem Zusammenhang gerissene Stellen davon kannte.[1] Der Gesammttext bietet aber in sich Kriterien genug für die Glaubwürdigkeit dieser beiden einzigen Vertreter des Ordens im Königreich Neapel, deren einer sogar allen Ernstes eine lebendige graue Katze in dem Capitel erscheinen und von allen Templern ehrfurchtsvoll mit Abnehmen der Capuzen begrüsst werden lässt. Derartige Ausgeburten eines einzelnen, durch die unerträglichen Folterqualen mürbe gemachten Hirnes verdienen keine Widerlegung. Indessen bergen die erhaltenen Protocolle neben der charakteristischen Schilderung der Processführung eine grosse Menge Angaben über innere Ordensangelegenheiten und allgemeine Verhältnisse damaliger Zeit, so dass der Darsteller jener Periode sie kaum wird entbehren können.

[1] Ein leider auch hier von PRUTZ, »Kulturgeschichte der Kreuzzüge«, angewendetes Verfahren, durch welches S. 621 bis 623 ein dem wirklichen Inhalt nicht entsprechendes Bild gewährt wird.

Die Handschrift, auf sechs in der Mitte gebrochenen Pergamentbogen zu einem Hefte von 0.365 Meter Höhe und 0.244 Meter Breite zusammengebunden, ist auf 20½ Seiten sehr deutlich geschrieben, und zwar anfangs mit je 28, zuletzt enger mit je 36 Zeilen auf der Seite. Ohne eigene Nummer enthält der Codex nur die Bezeichnung: fasciculus 7 sub uno involuto: inquisitio contra Templarios facta in civitate Brundisiensi. Von späterer Hand findet sich die Notiz: inquisitio seu processus anno 1310 confectus contra Templarios et fratrem Oddonem de Valdric. cod. membr. 146. plut. 35.

Das Protocoll ist von Berengarius Johannis de Narbono, publicus apostolica et imperiali auctoritate notarius, abgefasst und aus seinem »regestrum« abgeschrieben, sowie von den beiden Notaren Martinus de Valle und Martinus Francisci Padulis de urbe Almae urbis prefecti beglaubigt, und auf jeder Seite wie am Schluss mit Monogrammen aller drei Notare versehen.

Ein ganz anderes, aber noch eigenartigeres Bild entwerfen

Die Verhöre im Patrimonium Petri.

Gleichzeitig mit der grossen päpstlichen Commission, die in Paris über den Orden als Ganzes inquiriren sollte, hatte Papst Clemens V. Jacob Bischof von Sutri und den Magister Pandulf von Sabello, prepositus de Chablis an der Kirche des heiligen Martin von Tours beauftragt, die Untersuchung gegen den Templerorden in Umbrien, dem Patrimonium Petri, in Tuscien, dem Herzogthum Spoleto, Apruntium, Campanien, dem Küstengebiet, sowie gegen den dort bestellten Grosspräceptor zu führen mit der Ermächtigung, Andere als Beisitzer hinzuzuziehen, welche ihnen für den Gang der Untersuchung nützlich scheinen würden.

Diese päpstliche Commission ist ihrer Aufgabe in ganz anderer Weise gerecht geworden, als es sonst geschah, indem sie in den obengenannten Landestheilen umherreiste, mit ausserordentlicher Förmlichkeit verfuhr, vier bis fünf Mal die wenigen vorgefundenen oder ergriffenen Mitglieder des Ordens vergeblich zu Aussagen zu bewegen suchte und sie schliesslich — es ergeben das unverblümt die Acten — durch Foltern zum Bekennen der von Clemens gewünschten Punkte zwang. Es ist hierbei, um theils den Schein des Rechts zu wahren, anderntheils dem Papst aber die gewünschten Resultate zu melden, besonders raffinirt von den Commissarien vorgegangen worden, indem die Zeugen selbst durch nicht vorgeschriebene Fragen verwirrt wurden, um etwas Gravirendes von ihnen zu erfahren.

Die Handschrift 1880 bei meinem ersten Besuche des vaticanischen Archivs abzuschreiben, war bei der Ende Juni erfolgenden Schliessung desselben nicht möglich, und im Jahre 1886 konnte der Codex nicht aufgefunden werden. Ich bin deshalb genöthigt, von demselben nur den 1880 angefertigten, sehr ausführlichen Auszug zu veröffentlichen, hoffe aber, dass bald das Ganze wieder aufgefunden und publicirt werden wird, welches bei seiner Besonderheit sehr wohl eine Specialarbeit verdient, um Subjectives und Objectives zu sondern.

Der ursprüngliche Umfang des rotulus, der bei einer Breite von 0,273 — 0,289 ^{m} 75 petia cartarum von etwa 48 ^{m} Länge umfasst, lässt sich ebenso wenig genau feststellen, wie der ursprüngliche Anfang, da die Beglaubigung meist am Schlusse jedes Tagesprotocolls, spätestens einer Stadtuntersuchung stattfindet. Nach einer Notiz am Rande des 9. Pergamentblattes müssten acht vorangegangen sein, während doch nur fünf vorherstehen, sonach mindestens drei fehlen. Eine Nummer des Archivs ist nicht vorhanden, und als Bezeichnung findet sich auf der Rückseite nur, »processus contra templarios« und ein anderes Mal »testes contra templarios«. Die von Prutz, Culturgeschichte der Kreuzzüge, S 631, gegebene Überschrift »infrasripta acta sunt' in Patrimonio beati Petri in Tuscia« bezieht sich nicht auf den ganzen Codex, sondern steht nur über einem kleinen, in der Mitte befindlichen Theil desselben.[1]

Der Anfang des nach Art der vier cyprischen Handschriften gefalteten rotulus ist sehr verdorben, die Schrift zum Theil völlig zerstört, später ist er besser erhalten, und nur an einzelnen Stellen durch Feuchtigkeit unleserlich geworden. Die einzelnen Theile des sicherlich erst in späterer Zeit zusammengehefteten Codex können ursprünglich gar nicht dazu bestimmt gewesen sein, zu einem einheitlichen Actenstück verwendet zu werden, so verschieden sind sie an Schrift, Beglaubigungsformeln, Protocollirungsweise, auch fehlen mitten darin unzweifelhaft einige Stücke.

[1] In welcher Weise Fehler aus einem Werke in andere übergehen, zeigt sich drastisch genug bei diesem Process. Raynouard, documents p. 274 giebt neben meist richtigen Nachrichten einige Ungenauigkeiten und einen Fehler betreffs des Anfangs des Verhörs, statt October, December 1309, was Wilke ohne Quellenangabe abschreibt; Hefele Conciliengeschichte schreibt dies nach und verwandelt dabei die Ungenauigkeiten in Fehler, die dann Prutz l. c. wieder mit aufnimmt.

Der Process zu Paris.

Nicht die unwichtigste Stelle unter den im vaticanischen Archiv befindlichen Acten des Templerprocesses nimmt die Originalhandschrift[1] der von Michelet nach der Pariser Copie veröffentlichten Protocolle der von 1309—1311 zu Paris verhörenden päpstlichen Generalkommission ein. Obwohl durch die erwähnte Publication eine Herausgabe des ganzen vaticanischen Codex, soweit er vorhanden ist, ausgeschlossen erscheint, so bleibt dem sorgsamen Forscher doch eine reiche Nachlese übrig. Abgesehen von anderen Punkten kann eine bisher fehlende genaue Feststellung der bei der Aufhebung des Ordens vorhanden gewesenen Mitglieder und Güter, die allein gewisse, bisher streitige Fragen zu lösen vermag, nur mit Hülfe dieses Codex hergestellt werden. Sei es durch ungenaue Lesung, sei es durch schlechte Schreibung der von ihm benützten Handschrift sind zahllose Namen von Templern und deren Gütern bei Michelet falsch wiedergegeben, und wiederholt werden von seinen Benützern zwei, drei, ja einmal vier verschiedene Zeugen für einen Anklagepunkt angeführt, die alle einer und derselben Person entsprechen; aber auch Widersprüche, wie die des Zeugen Petrus Brocart (Mich. II. 293) mit den zu Poitiers gemachten Aussagen finden durch Vergleichung mit dem Original einfache Lösung.

Aus den Urprotocollen der fünf unten genannten Notare sind zwei Reinschriften hergestellt und zwar

a) eine von zwei Notaren auf Pergament geschriebene, welche, durch die Siegel der Commissare fest verschlossen, durch die Magister Chatardum de Penna Varia, canonicum Sti Juniani dioc. Lemovicensis et Petrum de Aureliaco, licentiatos in legibus dem Papst überbracht wurde und deren Rest sich jetzt im vaticanischen Archiv befindet,

b) eine nur von einem Notar auf Papier angefertigte Abschrift, welche in thesaurario[2] beate Marie Parisiensis niedergelegt worden ist, welche ohne Specialbefehl des Papstes Niemandem zugänglich sein sollte;

[1] Die von Prutz, Culturgeschichte der Kreuzzüge 632 über dieselbe gemachten Angaben als eine Copie der Pariser Handschrift sind theils ungenau, theils falsch.

[2] Wie diese thesaurarii auch die ältesten Archive repraesentiren und in ihren Verzeichnissen, speciell auch den päpstlichen, die allerwichtigsten archivalischen Nachweise enthalten, ist von Ehrle in dem 1. Heft des I. Bandes des Archivs für Litteratur- und Kirchengeschichte des Mittelalters trefflich dargethan.

c) die Urprotocolle der fünf Notare haben die Commissarien una cum dicto processu detento zunächst bei sich zurückbehalten.

Wohin diese letzteren gekommen sind, hat sich bisher noch nicht erweisen lassen.

Die zweite Handschrift ist zu unbekannter Zeit aus dem Archiv von Notredame entwendet, in den Besitz der Familie de Harlay gekommen,[1] und da Dupuy[2] mit dem jüngeren Achille de Harlay in nahen Beziehungen stand, von diesem in seiner bekannten tendenziösen Weise ausgenützt worden. Später, 1751 in entgegengesetzter Tendenz excerpirt, ward endlich ein sachlicher Auszug in deutscher Sprache[3] mit eingehender Verarbeitung des Inhalts hergestellt durch den Oberbibliothekar Moldenhauer aus Kopenhagen, der vor 1787 den durch Vermächtniss an die Abtei St Germain des Prés gekommenen Codex bereitwilligst zur Benützung erhielt, während die auf der damaligen »Königlichen Bibliothek« befindlichen, jetzt von Boutaric in notices et extraits des man. inéd. veröffentlichten Actenstücke ihm in der vor der französischen Revolution herrschenden Ängstlichkeit vorenthalten blieben.

Durch Michelet fand dann 1841 und 1851 die vollständige, aber nicht immer sorgfältig verglichene Veröffentlichung des Codex statt.

Das dem Papst eingereichte Hauptexemplar, das also unzweifelhaft zu den 1314 während des Conclaves im »thesaurus pape« aufgeführten Templeracten gehört hat, hat alle die Schicksale dieses Archivtheiles mitgemacht, war aber bereits 1812 nach Raynouard, monuments relat. sur la condamn. des chevaliers du temple p. 311 nicht mehr vollständig. Aus einer Reihe zum Theil kaum lesbarer Bruchstücke gelang es mir bereits 1880 die Zusammengehörigkeit der einzelnen Theile so festzustellen, dass ihre Wiederzusammenfügung erfolgen konnte; und es umfasst demnach jetzt die Handschrift in zwei in sich completten Theilen

a) die Protocolle vom Beginn des Processes bis zur Mitte des Verhörs des 95. Zeugen,

b) die Aussagen von Zeuge 154 bis zum Schluss des gesammten Processes, so dass im Ganzen jetzt nur von etwa 60 Zeugen die Aussagen fehlen. Bei einer Breite von 0.576 Meter umfasst der erstere Theil eine Länge von 18.927 Meter, der zweite Theil von 6.493 Meter.

[1] Ist auch auf der Einbanddecke mit dem Wappen der Harlay geschmückt.

[2] Rigallii vita P. Puteani. Lutet. 1651. IV, pag. 18.

[3] Leider mit vielen Übersetzungsfehlern.

Nach einer Notiz des Anfertigers der Handschrift, des Notars Floriamons Dondedei de Nantua war dieselbe auf 96 Pergamentblättern (pellibus) hergestellt, die einseitig beschrieben waren. Auf der Rückseite findet sich der Vermerk fasciculus 3, divisio I[a]. So vortrefflich der Codex ursprünglich geschrieben war, so gut ist er auch mit Ausnahme weniger weggewaschener Stellen in seinem zweiten Theil erhalten, dagegen zu Anfang des ersten Theils und noch mehr nach der Mitte zu ist die Schrift anscheinend fast ganz zerstört, lässt sich indessen zum guten Theil entziffern und nur, wo wie z. B. am Rande die »Epidermis« des Pergaments losgelöst ist, bleibt sie unlesbar.

Wenn auch die Ausbeute meiner eilfmonatlichen Arbeit in Rom recht bedeutend genannt werden muss, so bleibt doch noch eine wenigstens ebenso grosse Arbeit übrig, um festzustellen, ob nicht von dem Verlorenen noch mancherlei wieder aufzufinden sei. Im Verhältniss zu dem Umfange dieses Riesenprocesses, der ganz abgesehen von der Weltstellung der Templer, über das Geschick von wenigstens 20000 Menschen und über ein Vermögen entschied, dessen Rente allein auf mehr als 40 Millionen Mark nach jetzigen Begriffen sich belief, ist bis jetzt nur ein unglaublich dürftiges Material veröffentlicht, aber auch sicherlich, was die Processacten anlangt, schon sehr dürftig dem Papst eingereicht worden, da viele der die Untersuchung Führenden wohl nicht mit Unrecht erwarteten, dass man am päpstlichen und französischen Hof nur das für eine Verurtheilung brauchbare Material wünschte und deshalb nur dieses einsandte, was manche derselben — man schwankt im Urtheil, ob aus Cynismus oder ob aus Naivetät — ihrem Berichte direct hinzufügen.

Gleichwohl ist durchaus nicht alles seiner Zeit nicht der Curie eingereichte Material verloren, und noch manches, wie die Veröffentlichungen Wailly's und Boutaric's darthun, oft freilich an nicht vermuthetem Orte auffindbar, und es wird die an anderer Stelle veröffentliche Aufzählung des früher vorhandenen und des erst kürzlich wieder an's Licht gezogenen Quellenstoffes dazu beitragen, andere Forscher zum Suchen, bezüglich zum Beachten des nicht vermutheten zu bewegen.

Manches birgt die vaticanische Bibliothek wie z. B. den von Loiseleur veröffentlichen Process von Toscana oder den von mir 1880 durcharbeiteten Codex 4030, eine gebundene in zwei Colonnen sauber geschriebene Pergament-Handschrift, worin auf vier Blättern (15 Colonnen) nicht unwichtige, die Templer betreffende Nachrichten enthalten sind.

Bei dieser Gelegenheit sei noch die Bemerkung gestattet, dass die vaticanische Bibliothek sehr vieles enthält, was nach unseren

Begriffen in das Archiv gehört. Dränge die, wiederholt bei der Curie herrschend gewesene Richtung durch, aus der Bibliothek, die selbst an den wichtigsten Drucksachen sehr arm ist, selbst dieses wenige zu entfernen und in dieselbe nur Handschriften aufzunehmen, so würde sie, abgesehen von den philologischen Codices, nur eine zweite Classe Archiv werden, was sie im gewissen Sinne jetzt schon ist.

Ferner berichtet Boutaric, dass im trésor des chartes, dem grossen historischen Reservoir zu Paris, noch sehr vieles unveröffentlichte Geschichtsmaterial vorhanden ist; noch mehr freilich in der früher kaiserlichen Bibliothek daselbst, wo nicht nur, wie Loiseleur berichtet, eine Fülle unbenützten, sondern leider auch zum Theil völlig unsortirten handschriftlichen Quellenstoffs lagert und erst kürzlich unter den Manuscripten des Herrn von Graignières 49 Stück Pergament-Blätter im Quart und Octav mit Templerverhören, z. Th. aus Senlis gefunden wurden.

Viele von den, dem Vatican entfremdeten Acten werden in Privatbesitz übergegangen sein, da bereits 1880 der Defectenkatalog nach des Hrn. Cardinal Hergenröther Angabe auf 1720 Nummern angewachsen war. Von Vielem, das nicht nummerweis in das Archiv eingereiht war, wie unter Anderem den Templeracten, wird der Verlust gar nicht festgestellt werden können.

Die Schuld an dem grösseren Theil der Verluste ist auf den Transport nach und von Paris und die unter der dortigen Verwaltung stattgehabte anderweite Anordnung, an einem kleineren Theil auf die Verwaltung des päpstlichen Archivs unter Pater Theiner in Rom zu schieben.

Zahlreiche Winke des letzteren über den jetzigen Aufenthalt von Acten erwiesen sich als falsch und haben so manche vergebliche Untersuchung veranlasst, ebenso die von dem früheren Sottoarchivisten Balan über einen venetianischen Process gemachte Mittheilung, der weder in Rom noch in Venedig aufzufinden war, und dessen Existenz mir jetzt um so zweifelhafter geworden ist, als damals Venedig Ferrara's wegen mit dem Interdict belegt war.

Zum Glück fanden sich aber auch eine Reihe werthvoller Hinweise, welche mich sowohl zu Ravenna, Nîmes, Perpignan, Arles, als besonders zu Marseille eine bisher wenig oder gar nicht benutzte Actenfülle auffinden liessen und mich mit der Hoffnung erfüllen, noch in so manchem französischen bischöflichen oder Praefecturarchiv Ausbeute zu finden.

Wenn nun auch durch die oben berichtete grosse Bereicherung von urkundlich beglaubigten Nachrichten ein gerechteres Urtheil über

den Untergang der Tempelherren ermöglicht ist, als es die durchaus einseitigen, von Michelet veröffentlichten Verhöre gestatteten, so ist doch eine definitive Erledigung der Jahrhunderte alten Streitfrage erst zu erwarten, wenn die noch vorhandenen, aber unbekannten Quellen an's Licht gezogen und veröffentlicht sein werden.

Ausgegeben am 25. November.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei

1886.
XLVIII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

25. November. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. MOMMSEN.

1. Hr. ROTH legte eine Mittheilung des Hrn. WEBSKY vor: über Caracolit und Percylit.

Die Mittheilung folgt umstehend.

2. Hr. VON HELMHOLTZ legte eine Mittheilung des Hrn. Prof. VOGEL in Berlin über neue Fortschritte in dem farbenempfindlichen photographischen Verfahren vor.

Die Mittheilung erfolgt in einem der nächsten Berichte.

Über Caracolit und Percylit.

Von Mart. Websky.

Einige aus der Gegend von Caracoles, Chile, hierher gelangte Proben derber Corrosions-Producte von Bleiglanz, sparsam von Gang-Quarz begleitet, erregten durch ihre spahngrüne bis himmelblaue Farbe die Aufmerksamkeit, und ergab die nähere Betrachtung, dass diese Färbung von dem Auftreten einer seltenen Mineral-Species, Percylit, herrührt, welche in kleinen himmelblauen Hexaëdern in Gemeinschaft mit wasserhellen Krystallen auf Klüften einer dichten, bräunlich grauen Grundmasse auftritt und sich mit dieser zu dichten spahngrünen Partien mengt.

Der Percylit ist zuerst von Brooke[1] an Exemplaren aus Mexico, neben gediegenem Golde vorkommend, beschrieben und ihm eine chemische Constitution: $ClPb_2O + ClCu_2O + xH_2O$ beigelegt worden. Doch findet sich Percylit auch zu Caracoles; es zeigte mir A. Weissbach in Freiberg ein bevorzugtes Exemplar von dort und theilte mir mit, dass dieses Vorkommen bereits von Domeyko in S. Jago erwähnt worden sei.

Die krustenartig auf den Klüften der Grundmasse sich ausbreitenden wasserhellen Krystalle verhalten sich bei qualitativer chemischer Prüfung wie die nicht grün gefärbte Grundmasse und sind beide nur durch die Aggregatform von einander verschieden; sie bestehen aus einer bisher noch nicht als Mineral verzeichneten Verbindung, welche durch den Ausdruck $ClHPbO + SNa_2O_4$ repraesentirt wird und Caracolit heissen möge.

Das Mineral wird von Wasser ziemlich schnell zersetzt; Fragmente der wasserhellen Krystalle nehmen, wenn befeuchtet, nach wenigen Minuten ein kreideartiges Ansehen an, ohne indess zu zerfallen, und das verdunstende Wasser setzt Na_2O haltende Krystalle ab. Die Zer-

[1] Brooke, Philosophical Magazine, III. vol. XXXVI. 131. (1850).

setzbarkeit durch Wasser erschwert die Bestimmung des Volumen-Gewichtes, welches ohngefähr auf 5.1 zu setzen ist.

Verdünnte Salpetersäure löst mehr auf, das Filtrat reagirt auf Cl, Pb, SO_3 und, wenn die Probe grün gefärbt ist, auch auf Cu.

Bringt man einen Splitter in den äusseren Rand der Flamme eines Bunsen'schen Gasbrenners, so schmilzt der erstere sofort zu einer braunen Kugel und färbt die Flamme intensiv Natrium-gelb mit einem hellen blaulich weissen Fleck in der Nähe der Probe.

Im Kölbchen schmilzt ein Fragment zu einer später steif werdenden grünlichbraunen Schlacke, giebt dabei eine kleine Menge am Kölbchenhalse sich condensirendes Wasser und in der Nähe der Probe eine Spur eines zu kleinen Tropfen schmelzenden Sublimates.

Im offenen Rohre erhitzt, wird die Probe zunächst dünnflüssig, dann steif und etwas Sublimat gebend: kehrt man das heisse Ende des Rohres am Flammenrande nach oben, so erscheint eine schwache Bleifärbung.

Erwärmte Kalilauge löst das Pulver des Minerals rasch, und zwar unter Abscheidung von etwas CuO, wenn die Probe grün war.

Schneller noch löst das Pulver eine erwärmte Lösung von essigsaurem Ammoniak und es verbleibt ein kleiner Rückstand — im Versuchsfalle 3.5 Procent — von bräunlichgrauer Farbe, der etwas Chlorsilber, Quarz und eine an Blei gebundene Metallsäure enthält, deren Natur nicht ermittelt worden ist. An vielen Stellen hat die in Rede stehende Grundmasse eigelbe Flecke, welche beim Auflösen in essigsaurem Ammoniak Antimon haltende Rückstände geben.

Aus dem Filtrat der Lösung in essigsaurem Ammoniak fällt Schwefelwasserstoff neben Pb, Cu, auch etwas Zn und Spuren von Ni. Das eingedampfte Filtrat enthält Na_2SO_4, das man mittelst Barium-Acetat in Carbonat umsetzen kann.

Zur quantitativen Untersuchung eignet sich aber am besten ein Schmelzaufschluss mit Soda, bei welchem man indessen den Natriumgehalt des Minerals aus dem Verluste berechnen muss.

Die verwendete Probe war frei von gelben, Antimon haltenden Flecken, nicht ganz frei von grünen Einschlüssen, im Pulver licht apfelgrün, also ein Gemenge von Caracolit und etwas Percylit.

Es wurden 0.6260^{gr} der Probe mit 2.5^{gr} Soda in einem Porzellantiegel bei so niederer Temperatur gefrittet, dass ein Anbacken nicht stattfand, und die Schmelze ausgelaugt.

Das Filtrat gab mit Salpetersäure angesäuert und mit salpetersaurem Silber versetzt 0.2576^{gr} geschmolzenes Chlorsilber.

Der nach Beseitigung des Silber-Überschusses durch Chlorbarium erzeugte Niederschlag von $BaSO_4$ war sehr unrein und nach dem

ersten Glühen blasslavendelblau; er wurde durch Schmelzen mit Soda nochmals aufgeschlossen und schliesslich das gereinigte Natriumsulfat 0.3045^{gr} schwer gefunden.

Der beim Aufweichen der ersten Fritte verbliebene Rückstand löste sich in verdünnter kalter Salpetersäure bis auf 0.0115^{gr} Rückstand und gab im weiteren Verlauf

0.4685^{gr} $PbSO_4$
0.0197^{gr} CuO
0.0023^{gr} Fe_2O_3
0.0018^{gr} ZnO mit einer Spur NiO.

Wie die folgende Zusammenstellung zeigt, sind 82.731 Procent als Cl, Pb, Cu, SO_3, FeO, ZnO aus gewogenen Producten berechnet. Da die Summe der Atomzahlen von Pb und Cu so gross ist als die Atomzahl des Cl, so sind jene wahrscheinlich als Oxychloride vorhanden und daher noch ein Sauerstoff-Aequivalent des nachgewiesenen Chlors hinzuzufügen; dann fehlen zu 100 Procent noch 14.975 Procent, welche die Menge des vorhandenen, quantitativ nicht bestimmten Na_2O und H_2O repraesentiren. Setzt man die Summe der Moleculzahlen für FeO, ZnO und Na_2O gleich der Moleculzahl der nachgewiesenen Schwefelsäure, so bleiben für H_2O noch 2.513 Procent übrig.

gr		gr		Procent	Mol. Gew.	Quot.	
		0.0115 Rückstand	=	1.837			
0.2576 ClAg	=	0.0637 Cl	=	10.180	35.5	0.287	
0.4685 $PbSO_4$	=	0.2185 Pb	=	50.882	207	0.247	} 0.287
0.0197 CuO	=	0.0158 Cu	=	2.513	63.4	0.040	
0.3045 $BaSO_4$	=	0.1045 SO_3	=	16.701	80	0.209	
0.0023 Fe_2O_3	=	0.0021 FeO	=	0.331	72	0.005	
0.0018 ZnO	=	0.0018 ZnO	=	0.287	81	0.003	
			=	82.731			
Sauerstoff-Aequivalent des Cl			=	2.294	16	0.143	
				85.025			
Na_2O-Aequivalent des SO_3 vermindert um FeO-, ZnO-Aequivalent			=	12.462	62	0.201	
Rest: H_2O			=	2.513	18	0.140	
				100.000			

Diese Bestandtheile kann man, wie folgt, in Caracolit und Percylit theilen

Mol. Atom.		Caracolit Mol. Atom.		Percylit Mol. Atom.
287 Cl	=	209 Cl	+	2.38 Cl
247 Pb	=	209 Pb	+	38 Pb

Mol. Atom.		Caracolit Mol. Atom.		Percylit Mol. Atom.
40 Cu			=	40 Cu
143 O	=	4 O	+	39 O
209 SO_3	=	209 SO_3		
209 $(Na_2, Fe, Zn)O$	=	209 $(Na_2, Fe, Zn)O$		
140 H_2O	=	104 H_2O	+	36 H^2O

Caracolit ist demnach = $ClHPbSNa_2O_5$ oder = $ClHPbO + SNa_2O_4$ und Percylit = $Cl_2H_2PbCuO_2$ oder = $ClHPbO + ClHCuO$.

Reiner Caracolit besteht aus

1 Atom Cl	= 35.5	= 8.84	Procent
1 Pb	= 207	= 51.56	
1 S	= 32	= 7.97	
2 Na	= 46	= 11.46	
1 H	= 1	= 0.25	
5 O	= 80	= 19.92	
	401.5	100.00;	

ferner besteht reiner Percylit aus

2 Atom Cl	= 71	= 18.91	Procent
1 Pb	= 207	= 55.14	
1 Cu	= 63.4	= 16.89	
2 H	= 2	= 0.53	
2 O	= 32	= 8.53	
	375.4	100.00	

Ein Gemenge von 209 Molecül Caracolit und 38 Molecül Percylit bei 1.837 Procent Rückstand oder von 83.900 Procent Caracolit, 14.263 Procent Percylit und 1.837 Procent Rückstand enthält

			gefunden
	Rückstand =	1.837 Proc.,	1.837 Proc.
Cl = 10.116 Proc.	=	10.116	10.180
Pb = 51.121	=	51.121	50.882
Cu = 2.409	=	2.409	2.513
S = 6.687,	SO_3 =	16.717	16.701
Na = 9.612			FeO = 0.331
H = 0.285			ZnO = 0.287
O = 17.933			
100.000		82.200	82.731
	O =	2.280	2.294
		84.480	85.025
	Na_2O =	12.956	12.462
	H_2O =	2.564	2.513
		100.000	100.000

Die Krystalle des Caracolits gleichen einem flachen Dihexaëder mit der Basis und dem ersten hexagonalen Prisma, sind aber Drillinge des rhombischen Systemes nach dem Aragonitgesetz, Zwillingsaxe senkrecht auf eine Prismenfläche; die je dritte der scheinbar ein Dihexaëder bildenden Flächen ist durch eine flache Furche von Oben nach Unten getheilt.

Der äusserlichen Regelmässigkeit der Ausbildung entspricht aber keineswegs das Verhalten im polarisirten Licht; selbst sehr kleine Krystalle zeigen wirre Aggregat-Depolarisation; man muss die kleinen Krystalle zerdrücken und einzelne, in der Richtung der etwas schaalig abgesonderten Basis abgesprungene Splitter untersuchen, die dann scharf begrenzte Zwillingsfelder zeigen; diese letzteren sind aber zu klein, um das Interferenzbild im convergenten, polarisirten Licht zu entwickeln.

Die aus den Krusten einigermaassen heraustretenden und die Abmessung aneinander schliessender Bögen gestattenden Drillinge sind etwa ein Millimeter gross und die dabei erzielten Resultate etwas schwankend. Fasst man die zwischen vier nicht geknickten Flächen des scheinbaren Dihexaëders liegende Partie als die der vorderen Ecke eines rhombischen Octaëders $o = (a : b : c)$ auf, so hat die vordere Polkante desselben einen inneren Winkel von $142° 16'$ und die Seitenkante einen solchen von $79° 44'$. Hieraus ergiebt sich das Einheits-Verhältniss der Axen

$$a : b : c = 1.3868 : 2.3735 : 1 = 0.5843 : 1 : 0.4213$$

und ein innerer Winkel in der vorderen Prismenkante $= 119° 24'$.

Diese Zahlen widerlegen die nicht allzufern liegende Vermuthung, dass die als Krystalle des Caracolits in Anspruch genommenen Krusten solche von Thenardit seien, welche sich aus einem mechanischen Gemenge von Thenardit und einer Chlorbleiverbindung ausgeschieden hätten. Für Thenardit ist nach MITSCHERLICH

$$a : b : c = 0.4734 : 1 : 0.8005$$

und der innere Winkel der vorderen Prismenkante $= 129° 21'$.

Wenn man in den für Caracolit angenommenen Elementen die Einheit der Verticalaxe verdoppelt, nähern sich die Zahlen den für Witherit angenommenen, welche $a : b : c = 0.5949 : 1 : 0.7413$ lauten.

Auf einigen mit Percylit und Caracolit ausgekleideten Klüften sind noch kleine, aber vorzüglich ausgebildete Krystalle von dunkelrauchgrauer Farbe angesiedelt, an denen eine als langes Rechteck conturirte Fläche vorherrscht. Wenngleich auf dieser die Mittellinie

eines zweiaxigen Interferenzbildes senkrecht zu stehen scheint, führt die goniometrische Ausmessung der flächenreichen Combinationen auf monoklinische Symmetrie. Auch diese Krystalle enthalten Chlor und Blei als wesentliche Bestandtheile, erfordern aber noch weitere Untersuchungen und sind hier ihrer paragenetischen Beziehung zu den beschriebenen Mineralien halber erwähnt.

Ausgegeben am 2. December.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei

1886.

XLIX.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

2. December. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Mommsen.

Hr. Schmidt las über die vedische Verwendung des Nom. Acc. Sing. der Neutra in pluralischer Bedeutung.

1886.

L.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

2. December. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. E. du Bois-Reymond.

1. Hr. Auwers theilte einen ersten Abschnitt neuer Untersuchungen über den Durchmesser der Sonne mit.

2. Von dem correspondirenden Mitgliede Hrn. H. Burmeister in Buenos Aires war unter dem 24. October d. J. eine nochmalige Berichtigung zu Coelodon eingesandt worden.

3. Der Vorsitzende legte eine Mittheilung des Hrn. Prof. J. Steiner in Heidelberg vor über das Gehirn der Knochenfische.

4. Derselbe legte eine Übersicht der Ergebnisse der anatomisch-zoologischen Untersuchungen des Hrn. Prof. G. Fritsch über den Zitterwels, *Malopterurus electricus*, vor, welche demnächst, in ausführlicher Darstellung und durch Abbildungen erläutert, herausgegeben werden sollen.

5. Hr. Virchow legte einen Bericht des Hrn. Dr. Ed. Arning über seine mit den Mitteln der Humboldt-Stiftung für Naturforschung und Reisen auf Honolulu angestellten Studien über die dort herrschende Lepra vor.

Sämmtliche Mittheilungen folgen hier.

Neue Untersuchungen über den Durchmesser der Sonne.

Von A. Auwers.

Hierzu Taf. XVI und XVII.

Vor längerer Zeit habe ich Anlass gehabt eine einjährige Reihe durch die Meridianbeobachtungen einer grösseren Anzahl von Sternwarten gewonnener Bestimmungen des Sonnendurchmessers auf Anzeichen von Änderungen des Durchmessers zu untersuchen, um gewisse Behauptungen Secchi's über das Vorkommen solcher Änderungen innerhalb kurzer Intervalle und ihren angeblichen Zusammenhang mit den Fleckenerscheinungen der Sonne zu prüfen, mit dem Ergebniss, dass sich diese Behauptungen als gänzlich grundlos erwiesen.[1] Im Anschluss hieran habe ich einige sich ohne neue Bearbeitung vorliegender Beobachtungssammlungen darbietende Zusammenstellungen längerer Reihen von Bestimmungen des Sonnendurchmessers aus Meridianbeobachtungen gegeben, in welchen ich gleichfalls keine Spuren reeller Änderungen des Durchmessers, am wenigsten solche, die der Sonnenflecken-Periode folgten, erkennen konnte.

Die Bearbeitung der im Anschluss an die Beobachtungen der Venus-Durchgänge von 1874 und 1882 ausgeführten heliometrischen Bestimmungen des Sonnendurchmessers hat mich noch einmal auf die Frage zurückgeführt, ob derartige Änderungen merklich wären. Es ist mir hierbei wünschenswerth erschienen des Vergleichs halber zu untersuchen, welche Antwort einige der besten und umfangreichsten Reihen von Meridianbeobachtungen auf diese Frage geben würden, wenn sie in zweckentsprechender Weise bearbeitet würden; denn die Beweiskraft der früher nur gelegentlich hinzugefügten Zusammenstellungen konnte, wie ich gleich selbst hervorgehoben habe, hauptsächlich aus dem Grunde nicht sehr weit reichen, weil die in ihnen enthaltenen, anderswoher zu entnehmenden Jahresresultate ohne alle Berücksichtigung der persönlichen Gleichungen der Beobachter abgeleitet waren, die bekanntlich bei Sonnenbeobachtungen sehr hohe Beträge erreichen können.

[1] Mon.-Ber. der Berliner Akademie. Mai 1873.

Von anderen Seiten sind inzwischen mehrere Untersuchungen angestellt worden, welche — mit Ausnahme einer zur Prüfung des Verhaltens kurzer Perioden ausgeführten Rechnung von Newcomb und Holden[1] — mehr oder weniger entschieden aber im Ganzen übereinstimmend, die Neigung zu erkennen geben die angeregten Fragen in einer meinen früheren Schlussfolgerungen entgegengesetzten Richtung zu beantworten. Wenngleich die hierfür vorgebrachten Gründe in mehreren Fällen schon vor den Zusammenstellungen meiner früheren Abhandlung und den daran geknüpften Erörterungen nicht bestehen können, so bleiben doch einige auf umfangreiches und anscheinend festes Material gegründete Untersuchungen übrig, deren Widerspruch es gleichfalls erwünscht machte, den jetzt gebotenen Anlass zu einer neuen gründlicher eingehenden und weitaus umfassenderen Untersuchung auch von Meridianbestimmungen des Sonnendurchmessers zu benutzen.

Die erste Stelle in einer solchen Untersuchung müssen die nunmehr in einer dreiunddreissigjährigen Reihe vorliegenden Beobachtungen an dem Meridiankreise der Greenwicher Sternwarte einnehmen.[2] Diess Instrument wird noch heute zu denen ersten Ranges gerechnet, und die damit erlangten Bestimmungen bieten, ausser ihrer grossen Zahl und Ausdehnung über den langen Zeitraum von drei Sonnenflecken-Perioden, in ihrer Anordnung vor allen sonst vorhandenen Beobachtungsreihen für die hier anzustellende Untersuchung einen wichtigen Vorzug dar: durch das langjährige regelmässige Zusammenwirken mehrerer Hauptbeobachter und die Möglichkeit, die grosse Zahl der Hülfsbeobachter, von denen viele ebenfalls eine längere Reihe von Jahren hindurch theilgenommen haben, sicher an eine continuirliche Scale anzuschliessen, werden die persönlichen Gleichungen in viel höherm Grade bestimmbar als anderswo.

Auf die Discussion dieser Reihe wollte ich mich ursprünglich beschränken, habe die Untersuchung indess nachher weiter ausgedehnt und in gleicher Weise noch die folgenden Reihen bearbeitet: sämmtliche publicirten Beobachtungen am grossen Meridiankreise der Washingtoner Sternwarte (1866 bis 1882); und sämmtliche publicirten Beobachtungen an dem gegenwärtigen Meridiankreise des Radcliffe Observatory (Carrington Transit Circle 1862 bis 1883 mit einer Lücke von 1877 bis 1879). Ferner habe ich die von Dr. Hilfiker vor einigen Jahren mitgetheilten Jahresmittel der Neuchâteler Beobachtungen von 1862—1883 zur Vergleichung gezogen, die jedoch nur den horizontalen Durchmesser betreffen, während die anderen Reihen gleich-

[1] American Journal of Science and Arts. Oct. 1874.

[2] Ein nach Abschluss des I. Abschnitts der folgenden Untersuchungen ausgegebener 34. Jahrgang dieser Reihe (1884) ist mir noch nicht zugänglich geworden.

mässig Bestimmungen des horizontalen und des verticalen Durchmessers enthalten.

Ich werde in den beiden ersten Abschnitten der folgenden Untersuchungen die Resultate mittheilen, welche diese Beobachtungsreihen erstens zur Beantwortung der Frage geben, ob in dem Zeitraum von 1851 bis 1883 von Jahr zu Jahr Veränderungen des Sonnendurchmessers, periodischer oder aperiodischer Art, vorgekommen sind, zweitens zur Feststellung und Erklärung der innerhalb des Jahres periodisch verlaufenden Ungleichheit, auf welche zuerst Lindenau aufmerksam gemacht hat. Die Resultate einiger weiteren noch nicht abgeschlossenen Untersuchungen behalte ich mir später mitzutheilen vor.

I.

Das Verhalten der Jahresmittel der Bestimmungen des Sonnendurchmessers aus den Meridian-Beobachtungen der Sternwarten Greenwich 1851 bis 1883, Washington 1866 bis 1882, Oxford 1862 bis 1883 und Neuchâtel 1862 bis 1883.

Die Beobachtungen am Meridiankreis der Greenwicher Sternwarte.

Die folgenden Tafeln A und B enthalten die jährlichen Resultate der von den einzelnen Greenwicher Beobachtern in den Jahren 1851 bis 1883 am Meridiankreis ausgeführten Bestimmungen. Diess Instrument hat ein Fernrohr, dessen Dimensionen in den Einleitungen der Greenwich Observations zu ungefähr 8 Zoll[1] und 12 Fuss englisch angegeben werden; Angaben über die bei den Sonnenbeobachtungen ohne Zweifel vorgenommene Reduction der Öffnung und über die angewandte Vergrösserung habe ich nicht gefunden.

Im Nautical Almanac sind die Durchmesser 1851 und 1852 mit dem Werthe der Tabulae Regiomontanae = 32′ 1″8 für mittlere Entfernung, von 1853 ab mit dem Werthe 32′ 3″64 berechnet. Zu den umstehenden Jahresmitteln der Correctionen müssen daher in den beiden ersten Jahren, damit sie mit den späteren vergleichbar werden, noch die Beträge von etwa −0ˢ128 und −1″84 hinzugefügt werden.

[1] Nach dem Report von 1851 übertrifft die freie Öffnung 8 Zoll etwas.

Ta

Jahresmittel der am Greenwicher Meridiankreis beobachteten Correc der Sonne für die

	Dunkin	*W. Ellis*	*G. Criswick*	*J. Carpenter*	*Lynn*	*H. Breen*	*Th. Ellis*	*Rogerson*
1851	+0ˢ.124 13	−0ˢ.028 6	....	....	....	+0ˢ.272 5	+0ˢ.179 20	+0ˢ.004 14
1852	+0.165 22	−0.053 3	....	....	....	+0.272 13	+0.125 2	+0.023 22
1853	+0.070 21	−0.034 9	−0ˢ.174 5	....	....	+0.173 4		−0.132 6
1854	−0.048 15	−0.097 24	−0.070 1	....	−0ˢ.116 8	+0.105 2	*Lajugie*	
1855	−0.016 14	−0.062 18	−0.007 18	....	−0.050 1	+0.190 2	−0.160 11	
1856	−0.019 15	−0.099 19	−0.016 24	−0ˢ.208 8	−0.145 4	−0.106 10	−0.125 2	*Wakelin*
1857	−0.002 27	−0.118 29	−0.002 18	−0.181 10	−0.040 22	−0.140 1		−0.195 2
1858	−0.029 24	−0.111 28	−0.012 28	−0.187 4	−0.082 30		*Talmage*	−0.194 7
1859	+0.044 19	−0.099 28	−0.011 29	−0.202 18	−0.047 3	*Stone*	−0.179 7	−0.150 1
1860	−0.008 13	−0.080 17	−0.096 12	−0.199 8	....	−0.330 2		
1861	−0.035 11	−0.085 19	+0.017 17	−0.101 9	....	−0.189 13		
1862	−0.062 5	−0.127 15	−0.046 16	−0.181 10	....	−0.259 8		
1863	−0.057 12	−0.127 25	−0.007 20	−0.227 22	....	−0.170 5		
1864	−0.041 14	−0.054 23	−0.009 26	−0.174 19	−0.110 1	−0.068 9		
1865	−0.052 14	−0.092 22	+0.009 24	−0.189 18	−0.007 3	+0.004 9	*H. Carpenter*	
1866	−0.036 14	−0.113 20	+0.027 16	−0.136 17	....	−0.087 3	−0.157 8	
1867	−0.068 12	−0.119 16	−0.056 11	−0.166 13	−0.185 2	−0.040 1	−0.232 4	*Keating*
1868	−0.057 19	−0.083 19	−0.028 24	−0.207 15	0.000 5	+0.220 1	−0.190 7	−0.052 11
1869	−0.093 12	−0.100 18	−0.025 15	−0.187 12	....	−0.175 2	−0.200 9	+0.027 7
1870	−0.075 2	−0.093 18	−0.041 21	−0.191 21	−0.100 14		−0.214 11	+0.070 4
1871		−0.094 14	−0.042 14	−0.144 14	−0.060 24		−0.220 8	
1872	*Downing*	−0.157 21	−0.042 16	−0.137 14	−0.053 23		−0.186 5	
1873	−0.165 23	−0.102 17	−0.004 17		−0.079 19	*Graham*		*Wickham*
1874	−0.064 17	−0.092 12	−0.058 18	*Thackeray*	−0.039 19	−0.315 2	*Pulley*	−0.370 2
1875	−0.115 14	+0.060 1	−0.042 12	−0.109 13	−0.052 16	−0.232 13	−0.179 12	−0.270 3
1876	−0.115 21		−0.053 13	−0.086 20	−0.076 10	−0.135 2	−0.174 7	....
							Bromley	
1877	−0.104 15		−0.013 13	−0.025 13	−0.102 6	−0.155 2	−0.207 3	−0.100 2
1878	−0.121 15		−0.047 13	−0.028 11	−0.070 1	−0.097 4	−0.110 1	−0.210 2
1879	−0.098 12		−0.040 12	−0.054 9			*A. Pead*	−0.210 2
1880	−0.079 24	*Lewis*	+0.011 16	+0.013 19	*Hollis*	*Bennett*	−0.217 6	
1881	−0.069 22	−0.150 25	+0.013 15	−0.006 16	−0.070 1	−0.230 2	−0.136 5	*Cox*
1882	−0.016 13	−0.097 17		−0.042 19	−0.108 20	−0.180 1	−0.154 5	−0.155 6
1883	−0.038 20	−0.069 19		−0.008 23	−0.047 17	−0.193 7	−0.176 5	+0.028 11

Die Durchgänge wurden bis gegen Ende März 1854 ausschliesslich mit Auge und Ohr beobachtet, von Ende Juni 1854 ab nur ausnahmsweise nach dieser, in den zwischenliegenden Monaten abwechselnd mit dem Registrirverfahren angewandten Methode. Die Specialmittel für die beiden Methoden würden 1854 werden:

für Dunkin	A.O.	−0ˢ.037 (4)	reg.	−0ˢ.052 (11)
Ellis	»	−0.044 (12)		−0.150 (12)
Henry	»	−0.041 (9)		−0.118 (9)

Von den übrigen Beobachtern des Jahres haben Henderson und Breen nur nach Auge und Ohr, die übrigen ausschliesslich chronographisch beobachtet.

fel A.

tionen der im Nautical Almanac angegebenen Culminationsdauer einzelnen Beobachter.

Henderson	*J. Breen*	*Main*	*Fergusson*			*Henry*		
....	+0.050 2	−0.010 5	+0.100 2			+0.023 19		1851
+0.113 20	+0.230 4	−0.055 2			*Bouvy*	+0.150 14		1852
−0.049 15	−0.035 4		*Ch. Todd*	*F. Taylor*	+0.050 1	+0.049 13	*Yair*	1853
0.000 6	*Bowden*	*H. Taylor*	−0.134 16	−0.159 16	*H. Todd*	−0.079 18	−0.072 4	1854
	−0.123 6	−0.214 5	−0.340 1		−0.575 2	+0.070 7		1855
	−0.182 14	−0.288 5			−0.375 2			1856
	−0.195 2	−0.255 2		*Wyv. Christy*				1857
		M. Dolman		−0.300 3				1858
A. Davis	*Kerschner*	−0.198 4	*H. Eaton*					1859
−0.213 6	+0.095 6	−0.220 3	−0.242 4	*Nash*	*Roberts*	*Chapell*		1860
−0.198 6	−0.065 11	−0.189 7		−0.122 9	−0.175 4	−0.030 1		1861
	+0.010 1	−0.235 2		−0.083 4	−0.190 6	−0.136 15		1862
J. Plummer	....			−0.155 8	−0.083 4	−0.113 7		1863
−0.199 8	−0.210 1		*Wright*		+0.003 4			1864
−0.350 1	+0.007 10	*W. Plummer*	−0.180 1			−0.195 2		1865
	−0.004 10	−0.195 6	−0.020 1					1866
	+0.032 6	−0.204 7	−0.010 1					1867
Potts	+0.110 2	−0.168 6	−0.185 2					1868
−0.340 1			−0.213 3	*Christie*	*Jenkins*			1869
−0.214 5	*Goldney*			−0.179 7	−0.230 3			1870
−0.167 9	−0.022 5	*Harding*		−0.120 1	−0.162 13			1871
−0.185 6	−0.119 8	−0.167 3		−0.220 1	−0.150 10			1872
−0.130 1	−0.096 8	−0.194 9	*Maunder*		−0.196 8	*Sayer*		1873
Pett	−0.155 2	−0.184 5	−0.160 7	*Laird*	−0.170 2	−0.147 8		1874
−0.075 4		−0.350 1	−0.080 1	−0.173 3	−0.070 3			1875
	Disney				*H. Pead*	*Baker*	*Dennison*	
−0.090 4	−0.290 2		−0.540 1	−0.068 5	−0.056 5	−0.220 2	−0.191 7	1876
Power	*Robinson*							
−0.200 3	+0.030 3	*James*	*Pearce*	−0.090 1	−0.105 4	−0.180 2	−0.251 8	1877
−0.080 2	−0.067 8	−0.340 1	−0.118 5		−0.117 10	−0.253 3	−0.040 1	1878
						Pluckett		
−0.080 1	+0.030 3	−0.211 8	−0.183 3		−0.145 4	−0.104 5		1879
−0.103 3		−0.224 9	+0.003 3	*Christie*	−0.133 12	−0.147 7		1880
−0.155 2		−0.176 9		−0.160 1	−0.073 6	−0.077 3		1881
....		−0.250 1	*S. Dolman*		−0.076 5			1882
−0.112 6			−0.065 2		−0.043 3			1883

Die vereinzelten Auge- und Ohr-Beobachtungen der späteren Jahre sind nicht herausgesucht.

Ausgeschlossen sind ohne Ausnahme diejenigen Beobachtungen, welche nach Anbringung der persönlichen Gleichung mehr als $0^s.4$ bez. 5″ vom allgemeinen Jahresmittel, und zugleich mehr als $0^s.3$ bez. 4″ von dem Jahresmittel des betreffenden Beobachters abwichen, oder von einem Mittel für die umliegenden Jahre, wenn aus dem einzelnen Jahre allein keine genügende Zahl von Beobachtungen desselben vorhanden war. Im Ganzen sind 13 Durchgangszeiten (von 3176) und 52 verticale Durchmesser (von 3397) ausgeschlossen — von den Beobachtungen der regelmässigen Beobachter 5 Durchgangszeiten oder 1 auf 435 und 27 verticale Durchmesser oder 1 auf 83, während für

Ta

Jahresmittel der am Greenwicher Meridiankreis beobachteten Sonnen-Durchmessers für

	Dunkin	*W. Ellis*	*G. Criswick*	*J. Carpenter*	*Lynn*	*H. Breen*	*Th. Ellis*	*Rogerson*
1851	+1″35 21	−0″12 5	+1″20 1	....	....	+0″75 6	+0″67 23	−0″58 19
1852	+0.76 28	+0.73 3	....	....	....	+2.59 13	+2.15 2	+0.65 26
1853	−1.32 25	−0.80 10	+1.60 5	....	....	−0.95 4		−1.22 6
1854	−0.86 16	−0.92 24	−0.40 1	....	−0″45 4	−0.40 1	*Lajugie*	
1855	−1.41 15	+0.23 19	−0.43 19	....	+3.30 1	−3.80 3	−1.45 13	
1856	−2.07 15	−0.24 19	−0.79 23	−1″61 9	−0.40 5	−0.38 10	−3.95 2	*Wakelin*
1857	−1.95 29	−0.82 33	−1.50 20	−1.38 9	+0.75 24	−3.50 1		−4.70 2
1858	−1.95 32	−0.41 28	−1.38 28	−1.02 4	+1.11 30		*Talmage*	−3.14 9
1859	−1.63 23	−0.21 30	−1.18 36	−1.55 18	+0.10 4		−0.53 6	−0.20 1
1860	−2.38 13	−0.20 17	−2.21 14	−2.28 11	....	*Stone*	−3.50 1	*Roberts*
1861	−2.33 14	+0.13 18	−0.92 19	−1.96 9	−0.50 1	−0.38 13		+0.02 4
1862	−1.56 7	+0.16 15	−1.20 15	−2.54 14	....	−0.89 8		−0.32 4
1863	−2.22 17	−0.21 27	−1.02 19	−3.16 21	....	+0.22 5		−0.36 5
1864	−2.38 17	+0.73 22	−1.20 27	−3.23 20	+0.45 2	+1.10 10		−0.78 4
1865	−2.32 18	+0.66 25	−1.68 28	−2.70 19	+2.83 3	+0.46 9	*H. Carpenter*	
1866	−2.72 17	+0.78 17	−1.30 16	−2.48 19	+3.90 1	+1.93 3	+0.09 7	
1867	−2.15 15	+0.18 18	−2.35 13	−2.95 13	+1.45 2	+0.10 1	−1.08 5	*G. Keating*
1868	−2.35 20	+0.70 23	−1.65 23	−3.21 17	+1.80 5	+1.30 1	−1.75 10	−1.23 12
1869	−2.50 14	+0.21 18	−1.73 17	−4.68 13	....	−0.80 2	−1.86 11	+0.01 12
1870	−1.30 2	+0.82 20	−1.56 22	−4.00 23	+0.95 19		−2.93 10	+0.98 4
1871		−0.17 15	−1.75 14	−3.99 13	+1.99 28		−1.94 7	
1872	*Downing*	−0.45 22	−1.93 17	−2.97 14	+1.75 23		−1.94 5	
1873	−0.23 27	−1.00 15	−1.33 16		+1.29 19	*Graham*	−2.80 1	*Wickham*
1874	−0.46 20	−0.07 13	−1.99 15	*Thackeray*	+1.50 20	−1.13 3	*Pulley*	−0.65 2
1875	−1.00 14	+0.50 1	−2.37 14	−0.84 12	+2.09 16	−0.75 13	−0.84 14	−1.80 4
1876	−1.87 20		−2.34 14	−0.46 18	+1.15 10	+0.70 2	−2.34 7	....
1877	−2.47 11		−2.56 11	+0.58 12	+1.31 8	+0.10 2	*Pearce*	−1.40 2
1878	−2.72 16		−1.86 10	+0.08 9		+0.12 5	−0.46 5	−2.90 2
1879	−2.11 14		−2.07 11	−2.09 9		+3.50 1	+0.15 4	−0.40 2
1880	−2.23 25	*Lewis*	−1.29 15	−1.34 19	*Hollis*	*Bennett*	+0.30 2	
1881	−2.06 24	+0.26 23	−2.15 15	−1.41 17	+0.20 1	−1.85 2	*Cox*	
1882	−1.48 14	−0.82 18		−0.90 21	+0.17 25	−2.50 2	−0.38 6	*S. Dolman*
1883	−2.44 21	−1.01 21		−1.51 24	−0.61 19	−0.90 4	+1.73 12	+3.70 2

die gelegentlichen Beobachter die entsprechenden Zahlen 8 oder 1:121 und 25 oder 1:45 sind. Die Grenzen für den Ausschluss von Durchgangszeiten hätten wohl etwas enger gezogen werden können; überhaupt werden, da andere als die bezeichneten Beobachtungen niemals ausgeschlossen wurden, gelegentlich Beobachtungen mitgenommen sein, die thatsächlich unsicher sind, eine irgend wesentliche Entstellung der Jahresmittel kann dadurch aber nicht hervorgebracht sein, und eben so wenig dadurch, dass alle Beobachtungen, zunächst für die Ableitung der vorstehenden Einzelmittel diejenigen desselben Beobachters, und weiterhin bei der Ableitung der Gesammtmittel alle einzelnen Beobachtungen, gleiches Gewicht erhalten haben. Dass endlich der Luftzustand und sonstige Nebenbedingungen der Beobachtungen, von

fel B.

Correctionen des im Nautical Almanac angegebenen verticalen die einzelnen Beobachter.

Henderson	*J. Breen*	*Main*	*Fergusson*			*Henry*			
....	+3″57 3	+1″22 5	+0″10 2			+1″15 21			185
+1″77 16	+3.20 3	+1.90 2		*Bouvy*		+1.75 16			185
−0.66 15	+0.20 3		*Ch. Todd*	−0″60 1	*F. Taylor*	−0.56 14			185
−1.78 5	*Bowden*		−2.89 21	*H. Taylor*	−1″74 18	−0.79 21	*H. Todd*		185
	−1.44 8		....	−2.60 2		+0.68 8	−1″95 2		185
	−1.72 13			−3.22 5			−3.92 4		185
	+1.05 2			−2.40 1	*Wyv. Christy*				1857
				M. Dolman	−0.85 2				185
Davis	*Kerschner*		*Eaton*	−1.74 5					185
−1.40 4	−1.78 4		−1.68 4	+0.05 2	*Nash*	*Chapell*			186
−2.27 6	−1.49 12			−1.29 7	−0.06 7	−3.00 2			186
	−0.60 1			−3.00 1	−1.30 4	−1.00 17			186
J. Plummer	....				−1.20 7	0.00 6			186
−1.18 8	−3.80 2		*Wright*			....			186
−2.20 1	−1.17 9	*W. Plummer*	−1.10 1			−0.10 3			186
	−1.30 11	−0.49 8	−0.70 1						186
	+0.78 5	−3.39 8	−0.10 1						1867
	+0.03 3	−3.09 7	−1.98 4						186
Potts			−1.03 6	*Jenkins*	*Christie*				186
−1.04 5	*Goldney*			−2.18 5	−2.03 7				187
−1.34 8	+2.10 4	*Harding*		−2.23 13	−3.85 1				187
−1.27 6	+1.21 9	+0.26 2		−1.93 10	−0.75 1				187
−2.95 2	−0.14 8	−1.26 9	*Maunder*	−1.56 9		*Sayer*			187
Pett	+2.45 2	−0.73 3	−0.49 7	−2.40 2	*Laird*	−1.58 6			187
+0.55 4		−0.15 1	0.00 1	−1.62 4	−0.47 3				187
		Dennison				*H. Pead*	*Disney*	*Baker*	
−1.22 5		−1.16 5	−0.50 1		−0.10 4	−0.46 5	−3.08 2	−0″10 2	187
Power	*Robinson*			*Bromley*					
−0.78 4	−1.30 3	−2.09 8	....	−0.82 6	−1.10 1	−1.00 4	−0.90 1	−0.98 2	187
+0.55 2	−0.86 8		....	−1.40 1		−1.47 10		−1.52 4	187
		James		*Plucknett*					
−1.10 1	−1.25 2	−0.84 7	−2.30 1	−0.20 5		−1.42 5	*A. Pead*		187
+0.44 8		+0.33 10		−1.27 6	*Christie*	−1.42 12	−1.82 5		188
−0.35 2		+1.19 9		+0.07 3	−0.60 1	+0.25 6	−1.64 5		188
−1.00 1		−2.40 1				−0.72 4	−0.62 5		188
−0.07 7						+0.40 3	−1.28 9		188

welchen die Auffassung des Durchmessers abhängig sein möchte, gleichfalls nicht in Rechnung gebracht worden sind — weil die betreffenden Angaben bei den Resultaten nicht aufgeführt sind und erst aus den Beobachtungsregistern hätten zusammengesucht werden müssen — ist ebenfalls als gänzlich bedeutungslos für die auf Grund vorstehender Tabellen hier anzustellenden Untersuchungen zu erachten. Die einzige Folge dieser Unterlassung kann die sein, dass sich die mittleren Durchmesser und die persönlichen Gleichungen nicht bezogen auf einen Normalzustand der Luft, sondern für einen mittlern Zustand ergeben, und die Schwankungen dieses mittlern Zustandes von Jahr zu Jahr werden nur sehr unbedeutend gewesen und hier ganz ohne Belang sein. —

Die erste Anwendung der vorstehenden Tafeln hat in der Ermittelung der persönlichen Gleichungen zu bestehen. Will man die Frage der Unveränderlichkeit des Sonnendurchmessers zunächst offen lassen, so muss man sich zu diesem Behuf auf Vergleichung innerhalb der Horizontalreihen der Tafeln beschränken. Diese Vergleichung ist in einer ganz kunstlosen Weise durchgeführt, da eine Verfeinerung der Rechnungsmethode praktisch nutzlos gewesen sein würde.

In den fünfzehn Jahren 1856 bis 1870 haben die vier Beobachter Dunkin, W. Ellis, G. Criswick und J. Carpenter neben einander beobachtet, und von diesen geben Dunkin und Ellis, theilweise auch Criswick, einen Anschluss an die Beobachter der ersten fünf Jahre, hauptsächlich Criswick und demnächst Ellis einen solchen an die nach 1870 eingetretenen Beobachter. Es sind deshalb alle Gleichungen auf das Mittel dieser vier Beobachter bezogen und zunächst ihre eigenen Abweichungen von diesem Mittel selbst bestimmt, wofür sich durch zwei Annäherungen die Werthe ergaben:

Dunkin	1851—1860	$+0^s.078$, später $+0^s.030$
W. Ellis		-0.018
G. Criswick		$+0.068$
J. Carpenter		-0.100

Werden diese Werthe von den Jahresmitteln abgezogen, so erhält man, wenn man zugleich 1851 und 1852 noch die Reduction $-0^s.128$ anbringt, folgende Tafel.

Jahr und Beob. Art	Reducirte Jahresmittel: *Dunkin*	*W. Ellis*	*G. Criswick*	*J. Carpenter*	Mittel n. Z. d. B.	Abweichungen der reducirten Einzelmittel vom Gesammtmittel der 4 Beobachter				Corr. III. Näh.
1851 A.O.	− 82 13	−138 6			−0ˢ100 19	+18	− 38			−0ˢ005
1852 "	− 41 22	−163 3			−0.056 25	+15	−107			−0.006
1853 "	− 8 21	− 16 9	−242 5		−0.043 35	+35	+ 27	−199		−0.003
1854 gem.	−126 15	− 79 24	−138 1		−0.098 40	−28	+ 19	− 40		−0.003
1855 reg.	− 94 14	− 44 18	− 75 18		−0.069 50	−25	+ 25	− 6		−0.000
1856 "	− 97 15	− 81 19	− 84 24	−108 8	−0.089 66	− 8	+ 8	+ 5	−19	−0.000
1857 "	− 80 27	−100 29	− 70 18	− 81 10	−0.085 84	+ 5	− 15	+ 15	+ 4	−0.002
1858 "	−107 24	− 93 28	− 80 28	− 87 4	−0.092 84	−15	− 1	+ 12	+ 5	−0.001
1859 "	− 34 19	− 81 28	− 79 29	−102 18	−0.075 94	+41	− 6	− 4	−27	−0.001
1860 "	− 86 13	− 62 17	−164 12	− 99 8	−0.099 50	+13	+ 37	− 65	0	−0.002
1861 "	− 65 11	− 67 19	− 51 17	− 1 9	−0.051 56	−14	− 16	0	+50	+0.001
1862 "	− 92 5	−109 15	−114 16	− 81 10	−0.103 46	+11	− 6	− 11	+22	+0.001
1863 "	− 87 12	−109 25	− 75 20	−127 22	−0.102 79	+15	− 7	+ 27	−25	+0.000
1864 "	− 71 14	− 36 23	− 77 26	− 74 19	−0.064 82	− 7	+ 28	− 13	−10	+0.001
1865 "	− 82 14	− 74 22	− 59 24	− 89 18	−0.074 78	− 8	0	+ 15	−15	+0.001
1866 "	− 66 14	− 95 20	− 41 16	− 36 17	−0.061 67	− 5	− 34	+ 20	+25	+0.001
1867 "	− 98 12	−101 16	−124 11	− 66 13	−0.096 52	− 2	− 5	− 28	+30	+0.001
1868 "	− 87 19	− 65 19	− 96 24	−107 15	−0.088 77	+ 1	+ 23	− 8	−19	+0.002
1869 "	−123 12	− 82 18	− 93 15	− 87 12	−0.095 57	−28	+ 13	+ 2	+ 8	+0.001
1870 "	−105 2	− 75 18	−109 21	− 91 21	−0.093 62	−12	+ 18	− 16	+ 2	−0.000
1871 "		− 76 14	−110 14	− 44 14	−0.077 42		+ 1	− 33	+33	−0.000
1872 "		−139 21	−110 16	− 37 14	−0.102 51		− 37	− 8	+65	−0.000
1873 "		− 84 17	− 72 17		−0.078 34		− 6	+ 6		+0.002
1874 "		− 74 12	−126 18		−0.105 30		+ 31	− 21		+0.002
1875 "		+ 78 1	−110 12		−0.095 13		+173	− 15		+0.005

Wollte man für Dunkin den von 1861 ab geltenden Werth der Reduction durchweg annehmen, so würden für diesen Beobachter in allen 10 Jahren 1851 bis 1860 positive Abweichungen, von +0ˢ004 bis +0ˢ079, übrig bleiben; es kann daher nicht bezweifelt werden, dass derselbe bei den Durchgangsbeobachtungen seine Auffassung geändert hat. Ich habe hier die zur Darstellung der Beobachtungen anscheinend genügende Annahme gemacht, dass die Änderung plötzlich zwischen 1860 und 1861 erfolgt sei. Bei Criswick könnte ein merklicher Unterschied zwischen den mit Auge und Ohr beobachteten und den registrirten Durchgangszeiten angedeutet und die von 1854 ab geltende Reduction daher 1853 nicht zu passen scheinen; indess können die grösseren — bei Dunkin und Ellis nach der anderen Seite ausschlagenden — Differenzen des letztern Jahres sehr wohl nur zufällige sein und sind deshalb hier nicht weiter berücksichtigt.

Bildet man nun aus den verticalen Columnen der Abweichungen der reducirten einzelnen Jahreswerthe Mittel nach der Zahl der Beobachtungen, so erhält man für

Dunkin	1851—1860	+0ˢ006	183 B.
	1861—1870	−0.005	115 »
W. Ellis		+0.002	441 »
G. Criswick		−0.006	402 »
J. Carpenter		+0.005	232 »

Zur Berücksichtigung dieser Correctionen der angenommenen persönlichen Abweichungen sind zu den in vorstehender Tafel aufgeführten Jahresmitteln die in der letzten Columne angegebenen »Correctionen III. Näherung« hinzuzufügen. Der Grund davon, dass die dritte Näherung noch merklich von der vorangehenden abweicht, liegt daran, dass ich in diesen Rechnungen ursprünglich von den von Thackeray im 45. Bande der Monthly Notices angegebenen Jahresmitteln der Hauptbeobachter für 1860 — 1883 ausgegangen war. Erst nach einmaliger vollständiger Durchführung bis zur Ableitung der Jahresresultate erkannte ich es als zweckmässig, alle Jahresmittel für die einzelnen Beobachter neu aus den Greenwich Results abzuleiten. — Zur Fortsetzung der Tafel der Jahresmittel erhält man noch in der Voraussetzung, dass Criswick sich bis zu Ende gleich geblieben sei, durch diesen Beobachter allein die reducirten Werthe

1876	−0ˢ121	13	1879	−0ˢ108	12
1877	−0.081	13	1880	−0.057	16
1878	−0.115	13	1881	−0.055	15

Corr. III. N. = +0ˢ006

Für eine Anzahl von Beobachtern, die ein jeder längere Jahre hindurch neben den vier ausgewählten Beobachtern oder mehreren derselben thätig gewesen sind, erhält man nun die Abweichungen von vorstehenden vermittelst der »Corr. III. Näher.« verbesserten Mitteln (in 0ˢ001) und deren Gewichte in den einzelnen Jahren:

Henry		
1851	0	G. 10
1852	+ 84	9
1853	+ 95	10
1854	+ 22	12
1855	+ 139	6
	+0^{s}060 (G. 47)	

H. Breen		
1851	+ 249	G. 4
1852	+ 206	9
1853	+ 219	4
1854	+ 206	2
1855	+ 259	2
1856	− 17	9
1857	− 53	1
1851—5	+0^{s}221	(G. 21)
1856—7	−0.021	(» 10)

Kerschner		
1860	+ 196	G. 5
1861	− 15	9
1862	+ 112	1
1864	− 147	1
1865	+ 80	9
1866	+ 56	9
1867	+ 127	5
1868	+ 196	2
	+0^{s}075 (G. 41)	

Stone		
1860	− 229	G. 2
1861	− 139	11
1862	− 157	7
1863	− 68	5
1864	− 5	8
1865	+ 77	8
1866	− 27	3
1867	+ 55	1
1868	+ 306	1
1869	− 81	2
	−0^{s}057 (G. 48)	

Lynn		
1854	− 15	G. 7
1855	+ 19	1
1856	− 56	4
1857	+ 47	17
1858	+ 11	22
1859	+ 29	3
	+0^{s}015 (G. 54)	

1864	− 47	G. 1
1865	+ 66	3
1867	− 90	2
1868	+ 86	5
1870	− 7	11
1871	+ 17	15
	+0^{s}015 (G. 37)	

1872	+ 49	G. 16
1873	− 3	12
1874	+ 63	12
1875	+ 38	7
1876	+ 39	6
1877	− 27	4
1878	+ 39	1
	+0^{s}033 (G. 58)	

+0^{s}022 (G. 149)

Werden die mittleren Abweichungen hiernach für diese fünf Beobachter abgezogen, so ergeben ihre Beobachtungen folgende reducirten Jahresmittel und durch Vereinigung mit der früheren Tafel die neuen Gesammtmittel für 1851—1878:

	H., HB.; L., K., S.		Mittel mit vorigen			*L., K., S.*		Mittel mit vorigen	
1851	−0^{s}147*	24	−0^{s}128*	43	1865	−0^{s}010	22	−0^{s}059	100
1852	−0.057*	27	−0.059*	52	1866	−0.068	13	−0.062	80
1853	−0.020	17	−0.038	52	1867	−0.073	9	−0.093	61
1854	−0.137	28	−0.116	68	1868	+0.030	8	−0.076	85
1855	−0.006	10	−0.059	60	1869	−0.118	2	−0.095	59
1856	−0.108	14	−0.093	80	1870	−0.122	14	−0.098	76
1857	−0.065	23	−0.082	107	1871	−0.082	24	−0.079	66
1858	−0.104	30	−0.096	114	1872	−0.075	23	−0.094	74
1859	−0.069	3	−0.076	97	1873	−0.101	19	−0.085	53
1860	−0.053	8	−0.094	58	1874	−0.061	19	−0.086	49
1861	−0.136	24	−0.076	80	1875	−0.074	16	−0.081	29
1862	−0.189	9	−0.116	55	1876	−0.098	10	−0.108	23
1863	−0.113	5	−0.103	84	1877	−0.124	6	−0.090	19
1864	−0.047	11	−0.061	93	1878	−0.092	1	−0.108	14

* Mit der Reduction −0^{s}128.

Die neuen Mittel sind für die Jahre 1851—1872 zum Anschluss aller übrigen Beobachter, für 1873—1878 nebst den Resultaten von Criswick für die drei folgenden Jahre zunächst zur Vergleichung der neu eingetretenen regelmässigen Beobachter Downing und Thackeray benutzt. Die persönlichen Abweichungen für letztere ergaben sich:

	Downing		*Thackeray*	
1873	−0^{s}080	G. 16		
1874	+0.022	13		
1875	−0.034	9	−0^{s}028	G. 9
1876	−0.007	11	+0.022	11
1877	−0.014	8	+0.065	8
1878	−0.013	7	+0.080	6
1879	+0.004	6	+0.048	5
1880	−0.028	10	+0.064	9
1881	−0.020	9	+0.043	8
	−0^{s}023 (G. 89)		+0^{s}038 (G. 56)	

und hiernach die reducirten Jahresmittel für Downing und Thackeray und deren Mittel mit den vorstehenden:

	Down., Th.		Mittel mit vorigen			Down., Th.		Mittel mit vorigen	
1873	−0."142	23	−0."102	76	1879	−0."082	21	−0."089	33
1874	−0.041	17	−0.074	66	1880	−0.042	43	−0.044	59
1875	−0.118	27	−0.099	56	1881	−0.045	38	−0.046	53
1876	−0.108	41	−0.108	64	1882	−0.045	32		
1877	−0.073	28	−0.080	47	1883	−0.032	43		
1878	−0.084	26	−0.092	40					

Hiernach erhält man für H. Pead und J. Power, deren Beobachtungen noch dazu dienen können, den etwas schwachen Anschluss der letzten Jahrgänge zu verstärken, die persönlichen Abweichungen

	H.P.		J.P.	
1876	+0."052	G. 4.6		
1877	−0.025	3.7	−0."120	G. 2.8
1878	−0.025	8.0	+0.012	1.9
1879	−0.056	3.6	+0.009	1.0
1880	−0.089	10.0	−0.059	2.9
1881	−0.027	5.4	−0.109	1.9
1882	−0.031	4.3		
1883	−0.011	2.8	−0.080	5.5
	−0."034 (G. 42.4)		−0."070 (G. 16.0)	

und nunmehr

	red. Mittel HP. JP.		Mittel mit vorigen			red. Mittel HP., JP.		Mttel mit vorigen	
1876	−0."022	5	−0."101	69	1880	−0."086	15	−0."053	74
1877	−0.096	7	−0.082	54	1881	−0.050	8	−0.047	61
1878	−0.071	12	−0.087	52	1882	−0.042	5	−0.045	37
1879	−0.091	5	−0.089	38	1883	−0.031	9	−0.032	52

Hiermit erhält man endlich für die beiden zuletzt eingetretenen regelmässigen Beobachter Lewis und Hollis:

	persönliche Abweichung Lewis		Hollis		red. Mittel L., H.		Mittel mit vorigen	
1881	−0."103	G. 17.7	−0."023	G. 1.0	−0."080	26	−0."057	87
1882	−0.052	11.6	−0.063	13.0	−0.051	37	−0.048	74
1883	−0.037	13.9	−0.015	12.8	−0.004	36	−0.021	88
	−0."068 (G. 43.2)		−0."039 (G. 26.8)					

Die zuletzt abgeleiteten Mittel sind 1873—1883 zum Anschluss der übrigen Beobachter benutzt.

Die übrigen persönlichen Gleichungen ergeben sich aus den einzelnen Jahrgängen, und daraus, mit einer hier gestatteten Vereinfachung nach der Zahl der zukommenden Beobachtungen, im Mittel, wie folgt:

Th. Ellis			J. Breen			Henderson			Lajugie			H. Taylor		
1851	+179	20	1851	+50	2	1852	+44	20	1855	−101	11	1855	−155	5
1852	+56	2	1852	+161	4	1853	−11	15	1856	−33	2	1856	−196	5
	+0."168 (22)		1853	+3	4	1854	+116	6		−0."091 (13)		1857	−173	2
				+0."076 (10)			+0."034 (41)						−0."175 (12)	
Rogerson			Main			Ch. Todd			Bowden			H. Todd		
1851	+4	14	1851	−10	5	1854	−18	16	1855	−64	6	1855	−516	2
1852	−46	22	1852	−124	2	1855	−281	1	1856	−90	14	1856	−283	2
1853	−94	6							1857	−113	2			
	−0."036 (42)			−0."043 (7)			−0."033 (17)			−0."085 (22)			−0."400 (4)	

Wakelin		
1857	−113	2
1858	−98	7
1859	−74	1
	−0^{s}099	(10)

M. Dolman		
1859	−122	4
1860	−126	3
1861	−113	7
1862	−119	2
	−0^{s}118	(16)

Davis		
1860	−119	6
1861	−122	6
	−0^{s}120	(12)

Nash		
1861	−46	9
1862	+33	4
1863	−52	8
	−0^{s}033	(21)

Roberts		
1861	−99	4
1862	−74	6
1863	+20	4
1864	+64	4
	−0^{s}028	(18)

Chapell		
1861	+46	1
1862	−20	15
1863	−10	7
1865	−136	2
	−0^{s}024	(25)

J. Plummer		
1864	−138	8
1865	−291	1
	−0^{s}155	(9)

Wright		
1865	−121	1
1866	+41	1
1867	+82	1
1868	−110	2
1869	−118	3
	−0^{s}072	(8)

W. Plummer		
1866	−134	6
1867	−112	7
1868	−93	6
	−0^{s}113	(19)

H. Carpenter		
1866	−96	8
1867	−140	4
1868	−115	7
1869	−105	9
1870	−116	11
1871	−141	8
1872	−92	5
	−0^{s}114	(52)

Keating		
1868	+23	11
1869	+122	7
1870	+168	4
	+0^{s}081	(22)

Potts		
1869	−245	1
1870	−116	5
1871	−88	9
1872	−91	6
1873	−28	1
	−0^{s}100	(22)

Christie		
1870	−81	7
1871	−41	1
1872	−126	1
1881	−103	1*
	−0^{s}084	(10)

Jenkins		
1870	−132	3
1871	−83	13
1872	−56	10
1873	−94	8
1874	−96	2
1875	+29	3
	−0^{s}074	(39)

Goldney		
1871	+57	5
1872	−25	8
1873	+6	8
1874	−81	2
	−0^{s}001	(23)

Harding		
1872	−73	3
1873	−92	9
1874	−110	5
1875	−251	1
	−0^{s}103	(18)

Graham		
1874	−241	2
1875	−133	13
1876	−34	2
1877	−79	2
1878	−10	4
	−0^{s}107	(23)

Wickham		
1874	−296	2
1875	−171	3
1877	−18	2
1878	−123	2
1879	−121	2
	−0^{s}148	(11)

Maunder		
1874	−86	7
1875	+19	1
1876	−439	1
	−0^{s}114	(9)

Laird		
1875	−74	3
1876	+33	5
1877	−8	1
	−0^{s}007	(9)

Pulley		
1875	−80	12
1876	−73	7
	−0^{s}077	(19)

Pett		
1875	+24	4
1876	+11	4
	+0^{s}017	(8)

Baker		
1876	−119	2
1877	−98	2
1878	−166	3
	−0^{s}133	(7)

Dennison		
1876	−90	7
1877	−169	8
1878	+47	1
	−0^{s}121	(16)

Bromley		
1877	−125	3
1878	−23	1
	−0^{s}099	(4)

Robinson		
1877	+112	3
1878	+20	8
1879	+119	3
	+0^{s}061	(14)

Pearce		
1878	−31	5
1879	−94	3
1880	+56	3
	−0^{s}024	(11)

James		
1878	−253	1
1879	−122	8
1880	−171	9
1881	−119	9
1882	−202	1
	−0^{s}154	(28)

Plucknett		
1879	−15	5
1880	−94	7
1881	−24	3
	−0^{s}054	(15)

A. Pead		
1880	−164	6
1881	−79	5
1882	−106	5
1883	−155	5
	−0^{s}128	(21)

Bennett		
1881	−173	2
1882	−132	1
1883	−172	7
	−0^{s}168	(10)

Cox		
1882	−107	6
1883	+49	11
	−0^{s}006	(17)

Die 736 Beobachtungen dieser 42 Gehülfen liefern zusammengenommen einen durchaus ansehnlichen Beitrag zur Vergleichung der verschiedenen Beobachtungsjahre, und sind daher zur Aufstellung der definitiven Reihe der Jahresmittel nunmehr mit benutzt worden, wenngleich die Beiträge zur Ausgleichung einzeln genommen in vielen Fällen gering sind, in einigen der wirkliche Gewichtszuwachs fast verschwindet.

Es bleiben noch 49 Beobachtungen von 10 Gehülfen oder anderen gelegentlichen Beobachtern, deren jeder nur in einem einzelnen Jahre beobachtet hat, für die sich also nur die persönliche Gleichung, und zwar abgesehen von drei Fällen auch nur ganz beiläufig, ermitteln lässt, während dieselben aus der ferneren Rechnung ausfallen. Die für diese 10 Beobachter sich ergebenden Gleichungen sind in der weiterhin folgenden Übersicht aufgeführt.

Die reducirten Mittel aus den Beobachtungen der zuletzt zugezogenen 42 Gehülfen und die schliesslich anzunehmenden Mittel aus diesen und den früheren gibt die folgende

Tafel C.

	Correction der Durchgangszeit				entspr. Corr. hor. Dm.		Correction der Durchgangszeit				entspr. Corr. hor. Dm.
	neu zugez. Beobachter		Mittel mit vor.				neu zugez. Beobachter		Mittel mit vor.		
1851	−0ˢ.106*	41	−0ˢ.117*	84	−1″.68*	1868	−0ˢ.098	26	−0ˢ.081	111	−1″.17
1852	−0.060*	50	−0.060*	102	−0.86*	1869	−0.091	20	−0.094	79	−1.35
1853	−0.091	25	−0.055	77	−0.79	1870	−0.095	30	−0.097	106	−1.40
1854	−0.083	22	−0.108	90	−1.56	1871	−0.076	36	−0.078	102	−1.12
1855	−0.074	25	−0.063	85	−0.91	1872	−0.088	33	−0.092	107	−1.32
1856	−0.084	23	−0.091	103	−1.31	1873	−0.099	26	−0.101	102	−1.45
1857	−0.095	6	−0.083	113	−1.20	1874	−0.104	20	−0.082	86	−1.18
1858	−0.095	7	−0.096	121	−1.38	1875	−0.107	40	−0.102	96	−1.47
1859	−0.074	5	−0.076	102	−1.09	1876	−0.091	28	−0.099	97	−1.43
1860	−0.096	9	−0.094	67	−1.35	1877	−0.078	21	−0.081	75	−1.17
1861	−0.087	27	−0.079	107	−1.14	1878	−0.083	25	−0.086	77	−1.24
1862	−0.114	27	−0.115	82	−1.66	1879	−0.070	21	−0.083	59	−1.20
1863	−0.096	19	−0.101	103	−1.45	1880	−0.073	25	−0.058	99	−0.84
1864	−0.019	12	0.056	105	−0.81	1881	−0.034	20	−0.052	107	−0.75
1865	−0.161	4	−0.063	104	−0.91	1882	−0.088	13	−0.053	87	−0.76
1866	−0.052	15	−0.060	95	−0.86	1883	−0.002	23	−0.017	111	−0.24
1867	−0.087	12	−0.092	73	−1.32						

Die folgende Tafel gibt den Procentsatz der in den Jahren 1851 bis 1883 durchschnittlich auf die einzelnen Monate entfallenen Beobachtungen, und daneben den mittlern Betrag des zur Verwandlung der Durchgangsdauern in Durchmesser für mittlere Entfernung anzuwendenden Factors für die einzelnen Monate.

	Proc.	Factor		Proc.	Factor
Januar	7.4	13.8	Juli	10.3	14.1
Februar	7.5	14.4	August	9.9	14.7
März	8.0	14.9	September	8.6	15.0
April	8.9	14.8	October	7.4	14.7
Mai	8.9	14.3	November	7.9	14.0
Juni	9.2	14.0	December	6.0	13.6

Hiernach würde der Factor, mit welchem die Jahresmittel der beobachteten Correctionen der Durchgangszeit zu multipliciren wären, um die Correction des angenommenen mittlern Durchmessers zu erhalten, im Durchschnitt 14.4 betragen, wenn die Differenz *B.* − *R.*, abgesehen von dem Rest der zufälligen Beobachtungsfehler, ihre Ursache ausschliesslich in einem Fehler des angenommenen mittlern Durchmessers hätte. Diess ist nicht der Fall, vielmehr treten noch systematische Beobachtungsfehler hinzu, für welche an Stelle des veränderlichen Theils, $(1-\lambda)\Delta\cos\delta$ oder hier genügend angenähert $\Delta\cos\delta$, des Reductionsfactors theils der Factor $\cos\delta$, theils die Constante 1 tritt; es ist aber praktisch vollkommen ausreichend, den Factor 14.4 für diese Reihe anzuwenden, wie weiter unten geschehen wird. —

Aus den verticalen Durchmessern habe ich folgende Abweichungen vom Mittel der ausgewählten vier Hauptbeobachter aus den Jahrgängen 1856 bis 1869 abgeleitet und auch für die übrigen Stücke ihrer Reihen angenommen:

Dunkin: −0″55
W. Ellis: bis 1863 +1″19, von 1864 ab +2″09
G. Criswick: +0″13
J. Carpenter: bis 1861 −0″39, von 1862 ab −1″42

Hiermit ergibt sich, wenn 1851 und 1852 zugleich die Reduction −1″84 angebracht wird:

	Reducirte Jahresmittel				Mittel n. Z. d. B.	Abweichungen der reducirten Einzelmittel vom Gesammtmittel der 4 Beobachter				Corr. IV. Näh.
	Dunkin	*W. Ellis*	*G. Criswick*	*J. Carpenter*						
1851	+0″06 21	−3″15 5	−0″77 1		−0″57 27	+0″63	−2″58	−0″20		−0″07
1852	−0.53 28	−2.30 3	.... ..		−0.70 31	+0.17	−1.60	....		−0.14
1853	−0.77 25	−1.99 10	+1.47 5		−0.79 40	+0.02	−1.19	+2.27		0.00
1854	−0.31 16	−2.11 24	−0.53 1		−1″37 41	+1.06	−0.74	+0.84		+0.18
1855	−0.86 15	−0.96 19	−0.56 19		−0.79 53	−0.07	−0.17	+0.23		+0.13
1856	−1.52 15	−1.43 19	−0.92 23	−1″22 9	−1.24 66	−0.28	−0.19	+0.32	+0″02	+0.09
1857	−1.40 29	−2.01 33	−1.63 20	−0.99 9	−1.63 91	+0.23	−0.38	0.00	+0.64	+0.10
1858	−1.40 32	−1.60 28	−1.51 28	−0.63 4	−1.46 92	+0.06	−0.14	−0.05	+0.83	+0.09
1859	−1.08 23	−1.40 30	−1.31 36	−1.16 18	−1 26 107	+0.18	−0.14	−0.05	+0.10	+0.09
1860	−1.83 13	−1.39 17	−2.34 14	−1.89 11	−1.84 55	+0.01	+0.45	−0.50	−0.05	−0.12
1861	−1.78 14	−1.06 18	−1.05 19	−1.57 9	−1.30 60	−0.48	+0.24	+0.25	−0.27	−0.02
1862	−1.01 7	−1.03 15	−1.33 15	−1.12 14	−1.14 51	+0.13	+0.11	−0.19	+0.02	+0.02
1863	−1.67 17	−1.40 27	−1.15 19	−1.74 21	−1.48 84	−0.19	+0.08	+0.33	−0.26	+0.01
1864	−1.83 17	−1.36 22	−1.33 27	−1.81 20	−1.55 86	−0.28	+0.19	+0.22	−0.26	+0.03
1865	−1.77 18	−1.43 25	−1.81 28	−1.28 19	−1.58 90	−0.19	+0.15	−0.23	+0.30	+0.02
1866	−2.17 17	−1.31 17	−1.43 16	−1.06 19	−1.48 69	−0.69	+0.17	+0.05	+0.42	+0.04
1867	−1.60 15	−1.91 18	−2.48 13	−1.53 13	−1.87 59	+0.27	−0 04	−0.61	+0.34	+0.02
1868	−1.80 20	−1.39 23	−1.78 23	−1.79 17	−1.68 83	−0.12	+0.29	−0.10	−0.11	+0.03
1869	−1.95 14	−1.88 18	−1.86 17	−3.26 13	−2.18 62	+0.23	+0.30	+0.32	−1.08	+0.02
1870	−0.75 2	−1.27 20	−1.69 22	−2.58 23	−1.84 67	+1.09	+0 57	+0.15	−0.74	+0.01
1871		−2.26 15	−1.88 14	−2.57 13	−2.23 42		−0.03	+0.35	−0.34	+0.18
1872		−2.54 22	−2.06 17	−1.55 14	−2.12 53		−0.42	+0.06	+0.57	+0.20
1873		−3.09 15	−1.46 16		−2.25 31		−0.84	+0.79		+0.21
1874		−2.16 13	−2.12 15		−2.14 28		−0.02	+0.02		+0.20
1875		−1.59 1	−2.50 14		−2.44 15		+0.85	−0.06		+0.11

Die in den einzelnen Jahren übrig bleibenden Abweichungen vom Gesammtmittel zeigen, dass bei den verticalen Durchmessern die angenommenen persönlichen Gleichungen noch erheblich zu verbessern bleiben, obwohl sie in diesem Falle die Resultate einer dritten, auf die Thackeray'schen Zahlen gegründeten, Annäherung sind. Im Mittel nach der Zahl der Beobachtungen erhält man nämlich die übrig bleibende Abweichung für

Dunkin	1851—1860	+0″20	217 B.
	1861—1870	−0.16	141 »
W. Ellis	1851—1859	−0.44	171 »
	1860—1870	+0.22	77 + 143 B.
	1871—1875	−0.33	66 B.
G. Criswick	1851—1875	−0.09	422 »
J. Carpenter	1856—1861	+0.13	60 »
	1862—1872	−0.12	186 »

Bei Dunkin zeigt sich also auch in den verticalen Durchmessern von 1861 ab eine kleinere Auffassung, und bei Ellis ist nicht nur einmal eine starke Änderung, wie vorher angenommen plötzlich, eingetreten, sondern dieser Beobachter ist überhaupt in den verticalen Durchmessern wenig beständig gewesen, so dass man bei ihm besser vier Perioden zu unterscheiden hat. Die persönlichen Abweichungen sind dieser neuen Annäherung zufolge anzunehmen:

für Dunkin	1851—1860	−0″35	1861—1870	−0″71
» W. Ellis	1851—1859	+0.75	1860—1863	+1.41
	1864—1870	+2.31	1871—1875	+1.76
» G. Criswick	+0″04 constant			
» J. Carpenter	1856—1861	−0″26	1862—1872	−1″54

Hiernach müssen zu den Jahresmitteln noch die oben als »Corr. IV. Näherung« angegebenen Beträge hinzugefügt werden.

Zur Fortsetzung der vorläufigen Reihe von Jahresresultaten erhält man noch, wenn man für Criswick die Reduction −0″13 über 1875 hinaus beibehält, durch die letzten Jahrgänge dieses Beobachters:

1876	−2″47	14	Corr. IV. Näher. +0″09
1877	−2.69	11	
1878	−1.99	10	
1879	−2.20	11	
1880	−1.42	15	
1881	−2.28	15	

Weiter ergibt sich nun durch Anwendung desselben Verfahrens wie bei den Rectascensionen die persönliche Abweichung für

Henry

1851	−0″05	G. 12
1852	+0.75	11
1853	+0.23	10
1854	+0.40	14
1855	+1.34	7
	+0″46 (G. 54)	

H. Breen

1851	−0″45	G. 5
1852	+1.59	9
1853	−0.15	4
1854	+0.79	1
1855	−3.14	3
1856	+0.77	9
1857	−1.97	1
	+0″24 (G. 32)	

Kerschner

1860	+0″18	G. 4
1861	−0.17	10
1862	+0.52	1
1864	−2.28	2
1865	+0.39	8
1866	+0.14	9
1867	+2.63	5
1868	+1.68	3
	+0″40 (G. 42)	

Stone

1861	+0″94	G. 11
1862	+0.23	7
1863	+1.69	5
1864	+2.62	9
1865	+2.02	8
1866	+3.37	3
1867	+1.95	1
1868	+2.95	1
1869	+1.36	2
	+1″66 (G. 47)	

Lynn

1854	+0″74	G. 4
1855	+3.96	1
1856	+0.75	5
1857	+2.28	19
1858	+2.48	23
1859	+1.27	4
1861	+0.82	1
	+2″05 (G. 57)	

1864	+1″97	G. 2
1865	+4.39	3
1866	+5.34	1
1867	+3.30	2
1868	+3.45	5
1870	+2.78	15
1871	+4.04	17
	+3″48 (G. 45)	

1872	+3″67	G. 16
1873	+3.33	12
1874	+3.44	12
1875	+4.42	8
1876	+3.53	6
1877	+3.91	5
	+3″66 (G. 59)	

+3″58 (G. 104)

Das allgemeine Mittel für Lynn würde +3″04 werden (Gew. 161); es erscheint aber nothwendig zwei Perioden zu unterscheiden, und ist angenommen, dass die Änderung der Auffassung in der Pause zwischen 1861 und 1864 eingetreten sei.

	Reducirte Mittel nach *H., HB.; K., St., L.*		Mittel mit vorigen			Reducirte Mittel nach *K., St., L.*		Mittel mit vorigen	
1851	− 1″19*	27	−0″91*	54	1867	−0″49	8	−1″69	67
1852	− 0.07*	29	−0.47*	60	1868	−1.15	9	−1.60	92
1853	− 1.06	18	−0.87	58	1869	−2.46	2	−2.17	64
1854	− 1.42	26	−1.28	67	1870	−2.63	19	−2.01	86
1855	− 0.76	12	−0.68	65	1871	−1.59	28	−1.87	70
1856	− 1.23	15	−1.16	81	1872	−1.83	23	−1.89	76
1857	− 1.40	25	−1.50	116	1873	−2.29	19	−2.13	50
1858	− 0.94	30	−1.26	122	1874	−2.08	20	−2.00	48
1859	− 1.95	4	−1.20	111	1875	−1.49	16	−1.90	31
1860	− 2.18	4	−1.97	59	1876	−2.43	10	−2.40	24
1861	− 1.99	26	−1.52	86	1877	−2.27	8	−2.46	19
1862	− 2.38	9	−1.31	60	1878			−1.90	10
1863	− 1.44	5	−1.47	89	1879			−2.11	11
1864	− 1.45	14	−1.51	100	1880			−1.33	15
1865	− 1.29	21	−1.51	111	1881			−2.19	15
1866	− 1.17	15	−1.39	84					

	Persönliche Abweichungen *Downing*		*Thackeray*		Red. Mittel *D.* und *Th.*		Mittel mit vorigen		desgl. mit Red. D_2
1873	+ 1″90	G.17.9			− 0″86	27	− 1″68	77	− 2″00
1874	+ 1.54	14.2			− 1.09	20	− 1.73	68	− 1.99
1875	+ 0.90	9.6	+ 1″06	G. 8.9	− 1.86	26	− 1.88	57	− 2.10
1876	+ 0.53	10.9	+ 1.94	10.3	− 2.14	38	− 2.24	62	− 1.99
1877	− 0.01	7.0	+ 3.04	7.4	− 1.85	23	− 2.14	42	− 1.92
1878	− 0.82	6.2	+ 1.98	4.7	− 2.58	25	− 2.39	35	− 2.03
1879	0.00	6.2	+ 0.02	5.0	− 2.99	23	− 2.71	34	− 2.39
1880	− 0.90	9.4	− 0.01	8.4	− 2.76	44	− 2.40	59	− 2.07
1881	+ 0.13	9.2	+ 0.78	8.0	− 2.69	41	− 2.56	56	− 2.23
1882					− 2.15	35	− 2.15	35	− 1.84
1883					− 2.92	45	− 2.92	45	− 2.56
	+ 0″63	(G.90.6)	+ 1″28	(G.52.7)					

Für Downing ist zunächst die mittlere Reduction wie oben betimmt angenommen, es ist indess ein Gang in den Jahresmitteln seiner Abweichungen ersichtlich, der reell zu sein scheint; die verticalen Durchmesser dieses Beobachters scheinen bei zunehmender Übung kleiner geworden zu sein. Hauptsächlich trifft die Änderung auf den Anfang der Reihe, und es ist jedenfalls genügend, die ersten drei Jahre abzusondern; man erhält dann die persönliche Abweichung

1873—1875 + 1″52 Gew. 41.7
1876—1881 − 0.14 » 48.9

und mit Anwendung dieser Zahlen, der letzteren auch für 1882 und 1883, die dann in zweiter Linie angegebenen Endmittel »mit Red. D_2«, welche sich allerdings so viel besser an die voraufgehenden und unter einander anschliessen, dass ich sie statt der zuerst abgeleiteten nunmehr angenommen habe. Danach erhält man:

	persönliche Abweichungen *H. Pead*		*J. Power*		red. Mittel *HP.* und *JP.*		Mittel mit vor.	
1876	+ 1″53	G. 4.6			1″66	5	1″97	67
1877	+ 0.92	3.7	+ 1″14	G. 3.7	2.54	8	2.02	50
1878	+ 0.56	7.8	+ 2.58	1.9	2.48	12	2.16	47
1879	+ 0.94	4.4	+ 1.26	1.0	2.72	6	2.44	40
1880	+ 0.65	10.0	+ 2.51	7.0	2.24	20	2.11	79
1881	+ 2.48	5.4	+ 1.88	1.9	1.33		2.12	64
1882	+ 1.12	3.6	+ 0.84	1.0	2.16	5	1.88	40
1883	+ 2.96	2.8	+ 2.49	6.1	1.76	10	2.41	55
	+ 1″20	(G.42.3)	+ 2″10	(G.22.6)				

	persönliche Abweichungen *Lewis*		persönliche Abweichungen *Hollis*		red. Mittel *L.* und *H.*		Mittel mit vor.	
1881	+ 2″38	G. 16.9	+ 2″32	G. 1.0	− 1″43	24	− 1″93	88
1882	+ 1.06	12.4	+ 2.05	15.4	− 2.08	43	− 1.98	83
1883	+ 1.40	15.2	+ 1.80	14.1	− 2.62	40	− 2.50	95
	+ 1″68 (G. 44.5)		+ 1″94 (G. 30.5)					

Persönliche Abweichungen für die übrigen Beobachter, welche in mehreren Jahren beobachtet haben.

Th. Ellis

1851	−0″26	23
1852	+0.78	2
	−0″18	(25)

Rogerson

1851	−1″51	19
1852	−0.72	26
1853	−0.35	6
	−1″21	(41)

J. Breen

1851	+2″64	3
1852	+1.83	3
1853	+1.07	3
	″85	(9)

Main

1851	+0″29	5
1852	+0.53	2
	+0″36	(7)

Henderson

1852	+0″40	16
1853	+0.21	15
1854	−0.50	5
	+0″20	(36)

Lajugie

1855	−0″77	13
1856	−2.79	2
	−1″04	(15)

Bowden

1855	−0″76	8
1856	−0.56	13
1857	+2.55	2
	−0″36	(23)

H. Taylor

1855	−1″92	2
1856	−2.06	5
1857	−0.90	1
	−1″88	(8)

H. Todd

1855	−1″27	2
1856	−2.76	4
	−2″26	(6)

Wakelin

1857	−3″20	2
1858	−1.88	9
1859	+1.00	1
	−1″94	(12)

Talmage

1859	+0″67	6
1860	−1.53	1
	+0″36	(7)

M. Dolman

1859	−0″54	5
1860	+2.02	2
1861	+0.23	7
1862	−1.69	1
	+0″08	(15)

Davis

1860	+0″57	4
1861	−0.75	6
	−0″22	(10)

Nash

1861	+1″46	7
1862	+0.01	4
1863	+0.27	7
	+0″67	(18)

Roberts

1861	+1″54	4
1862	+0.99	4
1863	+1.11	5
1864	+0.73	4
	+1″09	(17)

Chapell

1861	−1″48	2
1862	+0.31	17
1863	+1.47	6
1865	+1.41	3
	+0″55	(28)

J. Plummer

1864	+0″33	8
1865	−0.69	1
	+0″22	(9)

Wright

1865	+0″41	1
1866	+0.69	1
1867	+1.59	1
1868	−0.38	4
1869	+1.14	6
	+0″62	(13)

W. Plummer

1866	+0″90	8
1867	−1.70	8
1868	−1.49	7
	−0″73	(23)

H. Carpenter

1866	+1″48	7
1867	+0.61	5
1868	−0.15	10
1869	+0.31	11
1870	−0.92	10
1871	−0.07	7
1872	−0.05	5
1873	−0.80	1
	+0″08	(56)

G. Keating

1868	+0″37	12
1869	+2.18	12
1870	+2.99	4
	+1″52	(28)

Potts

1870	+0″97	5
1871	+0.53	8
1872	+0.62	6
1873	−0.95	2
	+0″52	(21)

Christie

1870	−0″02	7
1871	−1.98	1
1872	+1.14	1
1881	+1.33	1
	+0″03	(10)

Jenkins

1870	−0″17	5
1871	−0.36	13
1872	−0.04	10
1873	+0.44	9
1874	−0.41	2
1875	+0.48	4
	−0″02	(43)

Goldney

1871	+3″97	4
1872	+3.10	9
1873	+1.86	8
1874	+4.44	2
	+2″94	(23)

Harding

1872	+2″15	2
1873	+0.74	9
1874	+1.26	3
1875	+1.95	1
	+1″11	(15)

Graham

1874	+0″86	3
1875	+1.35	13
1876	+2.67	2
1877	+2.12	2
1878	+2.28	5
1879	+5.94	1
	+1″81	(26)

Wickham

1874	+1″34	2
1875	+0.30	4
1877	+0.62	2
1878	−0.74	2
1879	+2.04	2
	+0″64	(12)

Maunder

1874	+1″50	7
1875	+2.10	1
1876	+1.47	1
1879	+0.14	1
	+1″42	(10)

Laird

1875	+1″63	3
1876	+1.87	4
1877	+0.92	1
	+1″66	(8)

Pulley

1875	+1″26	14
1876	−0.37	7
	+0″72	(21)

Pett

1875	+2″65	4
1876	+0.75	5
	+1″59	(9)

Baker

1876	+1″87	2
1877	+1.04	2
1878	+0.64	4
	+1″05	(8)

Dennison

1876	+0″81	5
1877	−0.07	8
	+0″27	(13)

Disney

1876	−1″13	2
1877	+1.12	1
	−0″38	(3)

Bromley

1877	+1″20	6
1878	+0.76	1
	+1″14	(7)

Robinson

1877	+0″72	3
1878	+1.30	8
1879	+1.19	2
	+1″15	(13)

Pearce

1878	+1″70	5
1879	+2.59	4
1880	+2.41	2
	+2″15	(11)

James

1879	+1″60	7
1880	+2.44	10
1881	+3.12	9
1882	−0.42	1
	+2″34	(27)

Plucknett

1879	+2″24	5
1880	+0.84	6
1881	+2.00	3
	+1″59	(14)

A. Pead

1880	+0″29	5
1881	+0.29	5
1882	+1.36	5
1883	+1.22	9
	+0″86	(24)

Bennett

1881	+0″08	2
1882	−0.52	2
1883	+1.60	4
	+0″69	(8)

Cox

1882	+1″60	6
1883	+4.23	12
	+3″35	(18)

Tafel D.

	Reducirte Mittel für die gel. Beob.		Mittel mit vorigen			Reducirte Mittel für die gel. Beob.		Mittel mit vorigen	
1851	−1″02*	50	−0″96*	104	1868	−2″37	33	−1″81	125
1852	−0.07*	49	−0.30*	109	1869	−1.70	29	−2.02	93
1853	−0.75	24	−0.84	82	1870	−2.11	31	−2.03	117
1854	−1.98	5	−1.33	72	1871	−1.97	33	−1.90	103
1855	−0.59	25	−0.65	90	1872	−1.76	33	−1.86	109
1856	−1.54	24	−1.24	105	1873	−2.40	29	−2.11	106
1857	−0.64	5	−1.46	121	1874	−1.87	19	−1.97	87
1858	−1.20	9	−1.26	131	1875	−1.92	44	−2.02	101
1859	−1.11	12	−1.19	123	1876	−2.19	28	−2.03	95
1860	−1.23	7	−1.89	66	1877	−2.11	25	−2.05	75
1861	−1.48	26	−1.51	112	1878	−2.30	25	−2.20	72
1862	−1.65	26	−1.41	86	1879	−2.19	22	−2.35	62
1863	−1.31	18	−1.44	107	1880	−2.36	23	−2.17	102
1864	−1.56	12	−1.51	112	1881	−1.66	20	−1.88	108
1865	−1.22	5	−1.50	116	1882	−2.92	14	−2.12	97
1866	+0.04	16	−1.16	100	1883	−1.80	25	−2.36	120
1867	−1.99	14	−1.74	81					

Fernere 56 Beobachtungen von 8 Gehülfen, die nur in je einem Jahre beobachtet haben, fallen hier aus.

Theilt man die 33jährige Reihe in 3 Gruppen von je 11 Jahren und nimmt in jeder Gruppe das Mittel aus den 11 Jahresresultaten, ohne Unterscheidung der nach Vorstehendem durch die hier schliesslich beigefügten Beobachtungszahlen auch relativ nicht genau bezeichneten Gewichte, und verwandelt die Mittel für die Correctionen der Durchgangszeit in solche des Durchmessers durch Anwendung des Factors 14.4, so erhält man

	Correction der Durchgangszeit bez. des horizontalen Durchmessers				Correction des vert. Durchmessers	
1851—1861	−0ˢ0838 entspr.	−1″242	1051 B.		−1″148	1115 B.
1862—1872	−0.0845 »	−1.242	1067 »		−1.671	1149 »
1873—1883	−0.0740 »	−1.116	996 »		−2.115	1025 »

und als Gesammtmittel

−0″0808 entspr. −1″164 −1″645

oder, bezogen auf das Mittel der Beobachter Dunkin, W. Ellis, G. Criswick und J. Carpenter,

den horizontalen Durchmesser 32′ 2″48 aus 3114 Beob.
» verticalen » 32 2.00 » 3289 »

Nach den Messungen mit den Heliometern der deutschen Venus-Expeditionen ist aber der Sonnendurchmesser, nach meiner vorläufigen Berechnung, = 31′ 59″12. Dieser Werth ist mit kaum 3zölligen Objectiven gefunden, und es ist bis jetzt nicht ausgemacht, ob Objective von verschiedener Grösse die Sonne gleich gross zeigen; was indess aus den Messungen mit dem 6zölligen Königsberger Heliometer zu ersehen ist, gibt keinen Anlass das Gegentheil anzunehmen, so dass

es einstweilen gerechtfertigt erscheint, die Abweichungen der mit dem grössern Fernrohr des Greenwicher Meridiankreises bestimmten Durchmesser von dem Werthe 31′ 59″.12 als die absoluten Fehler der dortigen Bestimmungen anzusehen. Für das Mittel der genannten vier Beobachter beträgt also der absolute Fehler des horizontalen Durchmessers + 3″.36, derjenige des verticalen + 2″.88. Hiermit ergeben sich die in der folgenden Tafel aufgeführten absoluten Fehler der Bestimmungen durch die einzelnen Beobachter.

Tafel E.

Zusammenstellung der persönlichen Gleichungen, bezogen auf ¼(D. + E. + Cr. + J. C.), und der absoluten Fehler.

Beobachter	Zeit	Ursprüngl. benutzte Werthe der pers. Gleichung: Durchg. Zt.	vert. Dm.	Definitive Werthe der persönlichen Gleichung: Durchg. Zt.	Beob.	hor. Dm.	vert. Dm.	Beob.	Absolute Fehler: hor.	vert.	h − v
1. Dunkin	1851—60	+ 0ˢ078	−0″55	+ 0ˢ084	183	+ 1″21	−0″35	217	+4″57	+2″53	+1″80
	1861—70	+ 0.030		+ 0.025	115	+ 0.36	− 0.71	141	+ 3.72	+ 2.17	
2. W. Ellis	1851—59		+ 1.19				+ 0.75	171		+ 3.63	
	1860—63	− 0.018		− 0.016	441	− 0.23	+ 1.41	77	+ 3.13	+ 4.29	− 1.31
	1864—70		+ 2.09				+ 2.31	143		+ 5.19	
	1871—75						+ 1.76	66		+ 4.64	
3. G. Criswick	1851—81	+ 0.068	+ 0.13	+ 0.062	484	+ 0.89	+ 0.04	498	+ 4.25	+ 2.92	+ 1.33
4. J. Carpenter	1856—61	− 0.100	− 0.39	− 0.095	232	− 1.37	− 0.26	60	+ 1.99	+ 2.62	+ 0.01
	1862—72		− 1.42				− 1.53	186		+ 1.35	
5. Th. Ellis	1851—52	+ 0.139	+ 0.22	+ 0.168	22	+ 2.42	− 0.18	25	+ 5.78	+ 2.70	+ 3.08
6. Rogerson	1851—53	− 0.041	− 0.81	− 0.036	42	− 0.52	− 1.21	51	+ 2.84	+ 1.67	+ 1.17
7. Henry	1851—55	+ 0.054	+ 0.47	+ 0.060	71	+ 0.86	+ 0.46	80	+ 4.22	+ 3.34	+ 0.88
8. H. Breen	1851—55	+ 0.134	+ 0.61	+ 0.221	26	+ 3.18	+ 0.24	38	+ 6.54	+ 3.12	+ 1.68
	1856—57			− 0.021	11	− 0.30			+ 3.06		
9. Lynn	1854—61	+ 0.020	+ 3.03	+ 0.022	211	+ 0.32	+ 2.05	69	+ 3.68	+ 4.93	− 2.02
	1864—78						+ 3.58	156		+ 6.46	
10. Downing	1873—75	− 0.020	+ 0.62	− 0.023	196	− 0.33	+ 1.52	61	+ 3.03	+ 4.40	− 0.54
	1876—83						− 0.14	145		+ 2.74	
11. Thackeray	1875—83	+ 0.034	+ 1.26	+ 0.038	143	+ 0.55	+ 1.28	141	+ 3.91	+ 4.16	− 0.25
12. Lewis	1881—83	− 0.069	+ 2.02	− 0.068	61	− 0.98	+ 1.68	62	+ 2.38	+ 4.56	− 2.18
13. Hollis	1881—83	− 0.041	+ 2.08	− 0.039	38	− 0.56	+ 1.95	45	+ 2.80	+ 4.83	− 2.03
14. J. Breen	1851—53	+ 0.071	+ 2.48	+ 0.076	10	+ 1.09	+ 1.85	9	+ 4.45	+ 4.73	− 0.28
15. Main	1851—52	− 0.016	+ 0.72	− 0.043	7	− 0.62	+ 0.36	7	+ 2.74	+ 3.24	− 0.50
16. Henderson	1852—54	+ 0.022	− 0.01	+ 0.034	41	+ 0.49	+ 0.20	36	+ 3.85	+ 3.08	+ 0.77
17. Ch. Todd	1854—55	− 0.038	− 1.86	− 0.033	17	− 0.48	− 1.59	21	+ 2.88	+ 1.29	+ 1.59
18. Lajugie	1855—56	− 0.084	− 1.02	− 0.091	13	− 1.31	− 1.04	15	+ 2.05	+ 1.84	+ 0.21
19. Bowden	1855—57	− 0.087	+ 0.35	− 0.085	22	− 1.22	− 0.36	23	+ 2.14	+ 2.52	− 0.38
20. H. Taylor	1855—57	− 0.145	− 0.12	− 0.175	12	− 2.52	− 1.88	8	+ 0.84	+ 1.00	− 0.16
21. H. Todd	1855—56	− 0.350	− 1.88	− 0.400	4	− 5.76	− 2.26	6	− 2.40	+ 0.62	− 3.02
22. Wakelin	1857—59	− 0.105	− 1.56	− 0.099	10	− 1.43	− 1.94	12	+ 1.93	+ 0.94	+ 0.99
23. Talmage	1859—60	− 0.106	+ 0.21	− 0.103	7	− 1.48	+ 0.36	7	+ 1.88	+ 3.24	− 1.36
24. M. Dolman	1859—62	− 0.123	+ 0.12	− 0.118	16	− 1.70	+ 0.08	15	+ 1.66	+ 2.96	− 1.30
25. Davis	1860—61	− 0.113	+ 0.24	− 0.120	12	− 1.73	− 0.22	10	+ 1.63	+ 2.66	− 1.03
26. Stone	1860—69	− 0.062	+ 1.68	− 0.057	53	− 0.81	+ 1.66	52	+ 2.55	+ 4.54	− 1.99
27. Kerschner	1860—68	+ 0.077	+ 0.45	+ 0.075	47	+ 1.08	+ 0.40	47	+ 4.44	+ 3.28	+ 1.16
28. Nash	1861—63	− 0.071	+ 0.74	− 0.033	21	− 0.48	+ 0.67	18	+ 2.88	+ 3.55	− 0.67
29. Roberts	1861—64	− 0.021	+ 1.16	− 0.028	18	− 0.40	+ 1.09	17	+ 2.96	+ 3.97	− 1.01
30. Chapell	1861—65	− 0.030	+ 0.92	− 0.024	25	− 0.35	+ 0.55	28	+ 3.01	+ 3.43	− 0.42
31. J. Plummer	1864—65	− 0.155	+ 0.28	− 0.155	9	− 2.23	+ 0.22	9	+ 1.13	+ 3.10	− 1.97
32. Wright	1865—69	− 0.074	+ 0.57	− 0.072	8	− 1.04	+ 0.62	13	+ 2.32	+ 3.50	− 1.18
33. W. Plummer	1866—68	− 0.113	− 0.70	− 0.113	19	− 1.63	− 0.73	23	+ 1.73	+ 2.15	− 0.42

	Beobachter	Zeit	Ursprüngl. benutzte Werthe der pers. Gleichung		Definitive Werthe der persönlichen Gleichung					Absolute Fehler		
			Durchg. Zt.	vert. Dm.	Durchg. Zt.	Beob.	hor. Dm.	vert Dm.	Beob.	hor.	vert.	h − v
34.	H. Carpenter	1866—72	−0.ˢ114	+0.″06	−0.ˢ114	52	−1.″64	+0″08	56	+1.″72	+2.″96	−1″24
35.	Keating	1868—70	+0.084	+1.57	+0.081	22	+1.17	+1.52	28	+4.53	+4.40	+0.13
36.	Potts	1869—73	−0.102	+0.85	−0.100	22	−1.44	+0.52	21	+1.92	+3.40	−1.48
37.	Christie	1870—72,81	−0.087	+0.49	−0.084	10	−1.21	+0.03	10	+2.15	+2.85	−0.70
38.	Jenkins	1870—75	−0.069	−0.04	−0.074	39	−1.07	−0.02	43	+2.29	+2.86	−0.57
39.	Goldney	1871—74	−0.021	+2.78	−0.001	23	−0.01	+2.94	23	+3.35	+5.82	−2.47
40.	Harding	1872—75	−0.102	+1.22	−0.103	18	−1.48	+1.11	15	+1.88	+3.99	−2.11
41.	Graham	1874—79	−0.101	+1.96	−0.107	23	−1.54	+1.81	26	+1.82	+4.69	−2.87
42.	Wickham	1874—79	−0.100	+0.44	−0.148	11	−2.13	+0.64	12	+1.23	+3.52	−2.29
43.	Maunder	1874—76,79	−0.135	+1.12	−0.114	9	−1.64	+1.42	10	+1.72	+4.30	−2.58
44.	Laird	1875—77	+0.017	+1.82	−0.007	9	−0.10	+1.66	8	+3.26	+4.54	−1.28
45.	Pulley	1875—76	−0.072	+0.82	−0.077	19	−1.11	+0.72	21	+2.25	+3.60	−1.35
46.	Pett	1875—76	+0.022	+1.74	+0.017	8	+0.24	+1.59	9	+3.60	+4.47	−0.87
47.	H. Pead	1876—83	−0.033	+1.54	−0.034	49	−0.49	+1.20	49	+2.87	+4.08	−1.21
48.	Baker	1876—78	−0.132	+1.36	−0.133	7	−1.92	+1.05	8	+1.44	+3.93	−2.49
49.	Dennison	1876—78	−0.118	+0.94	−0.121	16	−1.74	+0.27	13	+1.62	+3.15	−1.53
50.	Disney	1876—77			−0.191	2	−2.75	−0.38	3	(+0.61)	(+2.50)	
51.	Power	1877—83	−0.069	+2.44	−0.070	17	−1.01	+2.10	25	+2.35	+4.98	−2.63
52.	Bromley	1877—78	−0.098	+1.44	−0.099	4	−1.43	+1.14	7	+1.93	+4.02	−2.09
53.	Robinson	1877—79	+0.064	+1.79	+0.061	14	+0.88	+1.15	13	+4.24	+4.03	+0.21
54.	Pearce	1878—80	−0.022	+2.51	−0.024	11	−0.35	+2.15	11	+3.01	+5.03	−2.02
55.	James	1878—82	−0.132	+2.59	−0.144	28	−2.07	+2.34	27	+1.29	+5.22	−3.93
56.	Plucknett	1879—81	−0.051	+1.95	−0.054	15	−0.78	+1.59	14	+2.58	+4.47	−1.89
57.	A. Pead	1880—83	−0.123	+0.73	−0.128	21	−1.84	+0.86	24	+1.52	+3.74	−2.22
58.	Bennett	881—83	−0.170	+1.00	−0.168	10	−2.42	+0.69	8	+0.94	+3.57	−2.63
59.	Cox	1882—83	−0.010	+3.65	−0.006	17	−0.09	+3.35	18	+3.27	+6.23	−2.96
60.	Fergusson	1851			+0.089	2	+1.28	−0.78	2	(+4.64)	(+2.10)	
61.	Bouvy	1853			+0.105	1	+1.51	+0.24	1	(+4.87)	(+3.12)	
62.	F. Taylor	1854	−0.059	−0.45	−0.051	16	−0.73	−0.41	18	+2.61	+2.47	+0.16
63.	Yair	1854			+0.036	4	+0.52	....	..	+3.88		
64.	Wyv. Christy	1858			−0.204	3	−2.94	+0.41	2	(+0.42)	(+3.29)	
65.	Eaton	1860			−0.148	4	−2.13	+0.21	4	+1.23	+3.09	−1.86
66.	Sayer	1874	−0.070	−0.06	−0.065	8	−0.94	+0.39	6	+2.42	+3.27	−0.85
67.	S. Dolman	1883			−0.048	2	−0.69	+6.06	2	(+2.67)	(+8.94)	

Nr. 1 bis 13 sind die »regelmässigen« Beobachter aus dieser 33jährigen Periode, Nr. 14 bis 67 die zur Aushülfe zugezogenen.

Die »absoluten Fehler« sind in dieser Tafel in Parenthese gesetzt, wenn die Zahl der zu Grunde liegenden Beobachtungen kleiner als 4 war, und die letzte Columne, welche die Differenz der beobachteten horizontalen und verticalen Durchmesser enthält, ist in diesen Fällen nicht ausgefüllt.

Sämmtliche Fehler der beobachteten verticalen Durchmesser, und mit einer einzigen ganz schwach begründeten Ausnahme sämmtliche Fehler der beobachteten horizontalen Durchmesser, haben das positive Vorzeichen: der Sonnendurchmesser wird durch Beobachtung der Berührungen der Ränder mit Fäden stets zu gross beobachtet. Das Minimum des Fehlers beträgt, wenn man von den auf weniger als 10 Beobachtungen beruhenden Werthen hier wegen ihrer zu geringen Sicherheit absieht, bei dem horizontalen Durchmessser etwa 1.″0 (H. Taylor, J. Plummer, Wickham, James, Bennett), das Maximum für

die Registrirbeobachtungen etwa 4″4 (Dunkin I, Criswick, Kerschner, Keating, Robinson), während bei den Auge- und Ohr-Beobachtungen Fehler bis 5″ und 6″ oder mehr (Th. Ellis, H. Breen) vorkommen. Bei dem verticalen Durchmesser ist das Minimum des Fehlers etwa 1″2 (J. Carpenter II, Ch. Todd, Wakelin), das Maximum 6″2 (Lynn II, Goldney, Cox). Das stärkere Anwachsen des Fehlers bei dem verticalen Durchmesser, und übereinstimmend damit das stärke Vorwiegen des Minuszeichens in der letzten Col. »hor. – vert.«, zeigt, dass die Tendenz, bei der Berührung die Fadendicke zuzulegen, bei den Einstellungen der Zenithdistanz in erheblich stärkerm Maasse vorhanden gewesen ist, als bei den Durchgangsbeobachtungen. Zunehmende Übung scheint auf Ausgleichung dieses Unterschiedes hingewirkt zu haben; die Differenz »hor. – vert.« hat nämlich

bei mehr als 40 beiderseits zu Grunde liegenden Beobachtungen das + Zeichen 5 Mal, das – Zeichen 9 Mal

bei wenigstens	20	bis	40	+ 4 Mal,	– 9 Mal
» »	10	»	19	+ 5 »	– 14 »
» »	3	»	9	+ 0 »	– 15 »

Wenn man Th. Ellis und H. Breen von der zweiten Gruppe zur ersten bringt, weil diese Beobachter, die hier nur mit einer geringeren Anzahl von Beobachtungen vorkommen, vorher schon längere Jahre am Passagen-Instrument und am Mauerkreise bei den Sonnenbeobachtungen betheiligt gewesen sind und daher am Meridiankreise von Anfang an mit einer consolidirten Auffassung beobachtet haben werden[1], und wenn man den Rest der zweiten Gruppe mit der dritten vereinigt, so finden sich

bei länger geübten Beobachtern	7 +,	9 – Zeichen
» 10 bis 40 Beobachtungen	7 +,	23 – »
» 3 » 9 »	0 +,	15 – »

Aus den persönlichen Gleichungen habe ich einen Mittelwerth gebildet, indem ich folgende Gewichte angenommen habe:

für	4	bis	6	Beob. Gew.	1
»	7	»	10	» »	1½
»	11	»	20	» »	2
»	21	»	40	» »	3
»	41	»	100	» »	4
für mehr als			100	» »	5

Die nur auf 1, 2 oder 3 Beobachtungen beruhenden Werthe wurden fortgelassen, mehrfache Bestimmungen der Tafel E für denselben Beobachter als unabhängige Werthe zum Mittel gezogen. Die Mittel wurden

[1] Dasselbe gilt von Henry und Rogerson, die schon vermöge der Zahl ihrer hier vorkommenden Beobachtungen zur ersten Gruppe gekommen sind.

für den horizontalen Durchmesser − 0″47
» » verticalen » + 0.73

Hiernach würden also für den »mittlern Beobachter« die von dem Greenwicher Meridiankreis gelieferten Durchmesser sein:

horizontaler Durchmesser 32′ 2″01
verticaler » 32 2.73

Die durchschnittliche Abweichung eines einzelnen Beobachters von diesen Werthen findet sich mit Anwendung derselben Gewichte wie soeben = 0″950 bez. 0″966, ohne Unterscheidung von Gewichten = 1″008 bez. 0″935, im Mittel aus beiden Bestimmungen für den horizontalen Durchmesser = ± 0″98 und für den verticalen ± 0″95.

Die in der Columne »ursprünglich benutzte Werthe« in vorstehender Tafel aufgeführten persönlichen Gleichungen sind in der hier unterdrückten ersten Durchrechnung, ausserdem aber durchweg bei der weiter unten folgenden Untersuchung der jährlichen Ungleichheit und der Ableitung der dabei benöthigten Jahresmittel benutzt. Ihre Abweichungen von den »definitiven Werthen« sind bei den Durchgangszeiten in der grossen Mehrzahl als verschwindend anzusehen, und die geringe Zahl der, in Folge von späteren Ausschlüssen verfehlter Beobachtungen, der Correctur einiger Rechenfehler u. s. w., merklich ausgefallenen Änderungen ist für die Endresultate der Untersuchung über die jährliche Ungleichheit ebenfalls gleichgültig; eine neue Durchführung derselben mit den »definitiven Werthen« der persönlichen Gleichungen würde schwerlich eins der schliesslichen Monatsmittel mehr als 0ˢ001 oder 0ˢ002 ändern. Bei den verticalen Durchmessern unterscheiden sich die beiden Systeme durch eine kleine Verschiebung des Nullpuncts der persönlichen Gleichungen, der aus jener Untersuchung ganz herausfällt; die nach Abzug ihres Betrages im Einzelnen übrig bleibenden Differenzen sind gleichfalls theils an sich unerheblich, theils wird ihr Einfluss durch die geringe Zahl der zugehörigen Beobachtungen unschädlich gemacht.

Beobachtungen am neuen Meridiankreis der Washingtoner Sternwarte.

Es liegen 17 Jahrgänge von Beobachtungen vor, 1866 bis 1882. Das Fernrohr des Instruments hat eine Öffnung von 8 Pariser Zoll — die bei Sonnenbeobachtungen aber auf 2.8 Zoll reducirt wird[1] — und

[1] Diese Angabe (3 inches) findet sich zuerst bei dem Jahrgang 1870, vermuthlich ist aber auch in den vorhergehenden vier Jahren dieselbe Abblendung vorgenommen.

11 1/4 Fuss Brennweite; die benutzte Vergrösserung ist 186. Die Durchgangszeiten sind immer registrirt, und die Einstellungen für Zenithdistanz zwischen zwei Fäden gemacht, welche in einer zuweilen veränderten aber durchweg sehr geringen Entfernung von einander gestanden haben (1866—1873 4".5, 1874—1880 3", 1881 anfänglich 8", vom 13. Mai ab bis Ende 1882 5".5 Abstand).

Die in den Washingtoner Bänden zusammengestellten Resultate der einzelnen Beobachtungen geben die Abweichungen von den in der American Ephemeris, mit dem Werth 32′ 4″ für den mittlern Durchmesser, berechneten halben Durchgangszeiten und verticalen Halbmessern. Ich habe hieraus die folgenden Mittel für die Correctionen der ganzen Durchgangszeit und des Durchmessers erhalten, indem ich von den ersteren nur die in den Washingtoner Resultaten als zweifelhaft bezeichneten, von den letzteren ausserdem 16 stark abweichende Werthe fortgelassen habe.

Tafel F.

Correction der Durchgangszeit der American Ephemeris.

	Newcomb	*Thirion*	*Hall*	*Rogers*					
866	−0ˢ.142 35	−0ˢ.088 38	−0ˢ.117 34	+0ˢ.009 41	*Abbe*				
867	−0.158 31	−0.025 41	−0.088 48	−0.010 2	−0ˢ.140 5	*Frisby*	*Eastman*	*Harkness*	
868	−0.163 33	−0.086 29			−0.130 12	+0ˢ.017 8	−0ˢ.031 21	−0ˢ.160 6	
869	−0.180 18	−0.100 10				−0.048 20	....	−0.260 2	*Stone*
870						−0.061 25	−0.068 18	−0.143 15	−0ˢ.133 11
871						−0.148 5	−0.280 2	....	−0.040 4
872		*Holden*		*Skinner*		−0.054 24	−0.096 36	−0.161 1	−0.090 20
873		−0.040 9		−0.195 4		−0.004 18	−0.087 24		−0.018 9
874				−0.161 23	*Paul*	−0.016 15	−0.101 25		−0.009 16
875				−0.161 26	−0.235 16	+0.001 24	−0.072 24		−0.033 3
876				−0.148 22	−0.194 27	−0.025 20	−0.050 24		
877			*Pritchett*	−0.143 15	−0.215 12	−0.047 11	−0.019 14		
878			−0.049 7	−0.131 18	−0.175 11	−0.012 13	−0.032 10		
879			−0.044 24	−0.131 19	−0.197 7	−0.012 20	+0.040 1	*Rock*	*Winlock*
880				−0.141 16	−0.200 7		−0.055 13	−0.216 10	−0.217 16
881				−0.145 11			−0.004 15	−0.181 29	−0.209 22
882				−0.167 12			−0.102 12	−0.202 16	−0.192 36

Die Beobachtungen zerfallen, in Folge des Wechsels im Personal, wesentlich in zwei Gruppen, die nur in einer ziemlich lockeren Verbindung stehen. Dieselbe wird noch mehr dadurch geschwächt, dass das verbindende Stück von der Hauptmasse der zweiten Gruppe durch eine einjährige Unterbrechung der Beobachtungen, August 1870 bis August 1871, abgetrennt wird, in welcher das Instrument eine wesentliche Veränderung erfahren hat. Es wird darüber gesagt: »The object-glass never having been satisfactory, on Aug. 16 (1870) it was removed and sent to Messrs. A. Clark & Sons to be reground. — The regrinding produced a wonderful improvement both of definition and color correction.«

In der ersten Gruppe ergibt sich

	Newcomb—Thirion		*Newc.*		*Thir.* red.		Mittel (N_2)	
1866	$-0^s.054$	G. 18.2	$-0^s.142$	G. 35	$-0^s.175$	G. 38	$-0^s.159$	73
1867	−0.133	17.2	−0.158	31	−0.112	41	−0.132	72
1868	−0.077	15.4	−0.163	33	−0.173	29	−0.168	62
1869	−0.080	6.4	−0.180	18	−0.187	10	−0.183	28
	$-0^s.087$	(G. 57.2)						

Reduction auf die Mittel (N_2)

	Hall		*Rogers*		*Abbe*	
1866	$-0^s.042$	G. 23.2	$-0^s.168$	G. 26.3		
1867	−0.044	28.8	−0.122	1.9	$+0^s.008$	G. 4.7
1868					−0.038	10.0
	$-0^s.043$	(G. 52.0)	$-0^s.165$	(G. 28.2)	$-0^s.023$	(G. 14.7)

In der zweiten Gruppe hat man:

	Eastman —Frisby		*Fr.* red.	Mittel (E_2)		(E_2)—*Skinner*		*Sk.* red.	Mittel (E_3)		(E_3)—*Stone*		(E_3)—*Paul*		*St.* u. *P.* red.	Mittel mit (E_3) (E_5)	
1868	− 48	5.8	$-0^s.020$	$-0^s.028$	29				$-0^s.028$	29						$-0^s.028$	29
1869			−0.085	−0.085	20				−0.085	20						−0.085	20
1870	− 7	10.5	−0.098	−0.085	43				−0.085	43	+ 48	8.8			$-0^s.163$	−0.102	54
1871	− 132	1.4	−0.185	−0.212	7				−0.212	7	− 172	3.1			−0.070	−0.161	11
1872	− 42	14.4	−0.091	−0.094	60				−0.094	60	− 4	15.0			−0.120	−0.101	80
1873	− 83	10.3	−0.041	−0.068	42	+ 127	3.9	$-0^s.099$	−0.071	46	− 53	7.5			−0.048	−0.067	55
1874	− 85	9.4	−0.053	−0.083	40	+ 78	21.0	−0.065	−0.076	63	− 67	12.8			−0.039	−0.069	79
1875	− 73	12.0	−0.036	−0.054	48	+ 107	16.9	−0.065	−0.058	74	− 25	2.9	+ 177	13.1	−0.077	−0.062	93
1876	− 25	10.9	−0.062	−0.057	44	+ 91	14.7	−0.052	−0.055	66			+ 139	19.2	−0.039	−0.050	93
1877	+ 28	6.2	−0.084	−0.048	25	+ 95	9.4	−0.047	−0.048	40			+ 167	9.2	−0.060	−0.051	52
1878	− 20	5.7	−0.049	−0.042	23	+ 89	10.1	−0.035	−0.039	41			+ 136	8.7	−0.020	−0.035	52
1879	+ 52	1.0	−0.049	−0.045	21	+ 86	10.0	−0.035	−0.040	40			+ 157	6.0	−0.042	−0.040	47
1880				−0.055	13	+ 86	7.2	−0.045	−0.049	29			+ 151	5.5	−0.045	−0.048	36
1881				−0.004	15	+ 141	6.3	−0.049	−0.023	26						−0.023	26
1882				−0.102	12	+ 65	6.0	−0.071	−0.086	24						−0.086	24
	$-0^s.037$	(87.6)				$+0^s.096$	(105.5)				$-0^s.030$	(50.1)	$+0^s.155$	(61.7)			

Reduction auf die Mittel (E_5)

	Harkness			*Pritchett*			*Rock*			*Winlock*	
1868	$+0^s.132$	G. 5.0	1878	$+0^s.014$	G. 6.2	1880	$+0^s.168$	G. 7.8	1880	$+0^s.169$	G. 11.1
1869	+0.175	1.9	1879	+0.004	15.9	1881	+0.158	13.7	1881	+0.186	11.9
1870	+0.041	11.7		$+0^s.007$	(G. 22.1)	1882	+0.116	9.6	1882	+0.106	14.4
1872	+0.059	0.9					$+0^s.148$	(G. 31.1)		$+0^s.150$	(G. 37.4)
	$+0^s.078$	(G. 19.5)									

Zur Vergleichung der beiden Gruppen hat man nun:

	Mittel (N_2)		*Abbe* red.		Mittel (N)		Mittel (E_5)		*Harkn.* red.		Mittel (E)		(E) — (N)	
1868	$-0^s.168$	62	$-0^s.153$	12	$-0^s.165$	74	$-0^s.028$	29	$-0^s.082$	6	$-0^s.037$	35	$+0^s.128$	G. 23.8
1869	−0.183	28			−0.183	28	−0.085	20	−0.182	2	−0.094	22	+0.089	12.3
													$+0^s.115$	G. 36.1

Man erhält also für die Beobachter der ersten Gruppe die Reductionen auf Eastman:

für Newcomb	$+0^s.115$
Thirion	+0.028
Hall	+0.072
Rogers	−0.050
Abbe	+0.092

Endlich hat man noch für Holden die Reduction $-0^{s}.027$. Das Mittel aller 15 Reductionen (Eastman = 0) ist, ohne Gewichtsunterscheidung, $+0^{s}.053$; werden schliesslich hiermit die einzelnen Bestimmungen auf das Mittel aller Beobachter reducirt, so erhält man folgende Tafel für die Correctionen der Durchgangszeit.

Tafel 6.

	1866	1867	1868	1869	1870	1871	1872	1873
Newcomb	$-0^{s}.080$ 35	$-0^{s}.096$ 31	$-0^{s}.101$ 33	$-0^{s}.118$ 18				
Thirion	-0.113 38	-0.050 41	-0.111 29	-0.125 10				
Hall	-0.098 34	-0.069 48						
Rogers	-0.094 41	-0.113 2						
Abbe		-0.101 5	-0.089 12					
Frisby			-0.072 8	-0.138 20	$-0^{s}.151$ 25	$-0^{s}.238$ 5	$-0^{s}.144$ 24	$-0^{s}.094$ 18
Eastman			-0.084 21		-0.121 18	-0.333 2	-0.149 36	-0.140 24
Harkness			-0.135 6	-0.235 2	-0.118 15		-0.135 1	
Stone					-0.216 11	-0.123 4	-0.173 20	-0.101 9
Skinner								-0.152 4
(Holden)								(-0.120 9)
Mittel	$-0^{s}.096$ 148	$-0^{s}.071$ 127	$-0^{s}.099$ 109	$-0^{s}.132$ 50	$-0^{s}.146$ 69	$-0^{s}.213$ 11	$-0^{s}.153$ 81	$-0^{s}.120$ 55

	1874	1875	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882
Frisby	$-0^{s}.106$ 15	$-0^{s}.089$ 24	$-0^{s}.115$ 20	$-0^{s}.137$ 11	$-0^{s}.102$ 13	$-0^{s}.102$ 20			
Eastman	-0.154 25	-0.125 24	-0.103 24	-0.072 14	-0.085 10	-0.013 1	$-0^{s}.108$ 13	$-0^{s}.057$ 15	$-0^{s}.155$ 12
Stone	-0.092 16	-0.116 3							
Skinner	-0.118 23	-0.118 26	-0.105 22	-0.100 15	-0.088 18	-0.088 19	-0.098 16	-0.102 11	-0.124 12
Paul		-0.133 16	-0.092 27	-0.113 12	-0.073 11	-0.095 7	-0.098 7		
Pritchett					-0.095 7	-0.090 24			
Rock							-0.121 10	-0.086 29	-0.107 16
Winlock							-0.120 16	-0.112 22	-0.095 36
Mittel	$-0^{s}.122$ 79	$-0^{s}.115$ 93	$-0^{s}.103$ 93	$-0^{s}.103$ 52	$-0^{s}.089$ 59	$-0^{s}.092$ 71	$-0^{s}.110$ 62	$-0^{s}.090$ 77	$-0^{s}.112$ 76

In den Jahren 1869, 1870 und 1871 sind die Sonnenbeobachtungen nur während eines Theils des Jahres angestellt (1869 Januar bis Juni, 1870 Februar bis August, 1871 August, September, December), und da in den Washingtoner Beobachtungen eine jährliche Ungleichheit merklich ist, müssen die hier abgeleiteten Mittel für diese Jahre erst noch dieserhalb verbessert werden, um mit den übrigen gleichartig zu werden. Die entsprechende Reduction findet sich 1869 $-0^{s}.010$, 1871 $+0^{s}.015$, während sie 1870 zufällig = 0 wird; man hat also statt der obigen Zahlen 1869 $-0^{s}.142$ und 1871 $-0^{s}.198$ anzunehmen. Die Vertheilung der Beobachtungen ist auch innerhalb der übrigen Jahre manchmal wenig gleichförmig, indess verschwinden die noch erforderlichen Reductionen bis auf unerhebliche Beträge.

Das Mittel aller 17 Jahresmittel, mit Gew. $^{1}/_{4}$ für 1871 wegen der ganz geringen Zahl der Beobachtungen, und mit Gew. 1 für alle

anderen Jahresmittel, ist $= -0^s.1112$ oder in Bogen grössten Kreises für die Entfernung 1 $-1''.590$, wenn zur Reduction der für die Washingtoner Reihe sich $= 14.3$ ergebende mittlere Werth von $15 \cdot \frac{365}{366} \cdot \Delta \cos \delta$ angewandt wird. Die Vertheilung der Beobachtungen im Jahre ist eine wesentlich von Greenwich verschiedene, es entfallen nämlich von 100 Beobachtungen eines Jahres auf

Jan.	5.7 (5.5)	April	8.4 (8.3)	Juli	10.0 (10.2)	Oct.	8.9 (9.8)
Febr.	9.2 (8.8)	Mai	10.8 (10.3)	Aug.	7.0 (6.6)	Nov.	8.8 (9.7)
März	7.9 (6.6)	Juni	10.4 (10.3)	Sept.	5.8 (6.3)	Dec.	7.0 (7.6)

Die eingeklammerten Zahlen ergeben sich mit Ausschluss der drei unvollständigen Jahre.

Der Werth des horizontalen Durchmessers, welchen der Washingtoner Meridiankreis in diesen 17 Jahren durch 1321 Beobachtungen von 15 Beobachtern ergeben hat, ist $32' 2''.41$, im Vergleich mit dem heliometrischen Werth $3''.29$ zu gross.

Tafel H.

Correctionen des verticalen Durchmessers der American Ephemeris.

	Newcomb	*Thirion*	*Hall*	*Rogers*					
1866	−2″69 37	−1″47 38	−2″39 35	−0″17 43	*Abbe*				
1867	−3.16 31	−0.54 36	−1.29 51	+0.40 2	−0″55 4	*Frisby*	*Eastman*	*Harkness*	
1868	−3.81 32	+0.17 26			−1.15 8	−1″37 12	−0″10 21	−0″55 4	
1869	−3.07 20	−0.16 9				−2.61 15	....	−1.30 6	*Stone*
1870						−1.15 22	−0.38 19	−2.86 16	−2″23 7
1871						−3.36 5	−0.05 4	....	−4.00 1
1872		*Holden*		*Skinner*		−1.47 23	−0.35 33	−4.60 1	−1.20 18
1873		−0.25 12		−2.47 3		−1.88 21	−0.06 22		−1.33 9
1874				−0.90 23	*Paul*	−1.46 16	−0.46 24		−0.93 14
1875				−1.21 26	−1.45 16	−1.62 22	−0.25 24		−1.00 2
1876				−1.03 24	−2.28 27	−1.61 22	−0.91 26		
1877			*Pritchett*	−1.65 15	−3.62 12	−1.14 13	−0.77 13		
1878			+0.45 8	−2.10 18	−2.53 11	−1.30 10	−2.15 11		
1879			−0.94 26	−1.86 18	−1.83 6	−1.34 18	−2.40 1	*Rock*	*Winlock*
1880				−2.04 16	−2.16 5		−0.40 11	−1.47· 8	−0.94 13
1881				−2.10 12			−1.91 16	−1.45 31	−1.78 23
1882				−3.22 10			−2.43 13	−1.54 18	−1.33 29

Hieraus erhält man:

	Newc. — *Thir.*		*Newc.*	*Th.* red.	Mittel (N_2)
1866	−1″22	G. 18.7	−2″69	−4″00	−3″35 75
1867	−2.62	16.7	−3.16	−3.07	−3.12 67
1868	−3.98	14.3	−3.81	−2.36	−3.16 58
1869	−2.93	6.2	−3.07	−2.69	−2.95 29
	−2″53	(55.9)			

Reduction auf die Mittel (N_2)

	Hall		*Rogers*		*Abbe*	
1866	−0″96	G. 23.9	−3″18	G. 27.3		
1867	−1.83	29.0	−3.52	1.9	−2″57	G. 3.8
1868					−2.01	7.0
	−1″43	(52.9)	−3″20	(29.2)	−2″21	(10.8)

	Fr.−Eastman	E. red.	Mittel (F_2)	(F_2)−Sk.	Sk. red.	Mittel (F_3)	(F_3)−St.	(F_3)−P.	St. u. P. red.	Mittel (F_5)
1868	−1″.27 G.7.6	−1″.24	−1″.29 21			−1″.29 21				−1″.29 21
1869			−2.61 15			−2.61 15				−2.61 15
1870	−0.77 10.2	−1.52	−1.32 41			−1.32 41	+0″.91 6.0		−2″.31	−1.46 48
1871	−3.31 2.2	−1.19	−2.40 9			−2.40 9	+1.60 0.9		−4.08	−2.57 10
1872	−1.12 13.6	−1.49	−1.48 56			−1.48 56	−0.28 5.9		−1.28	−1.43 74
1873	−1.82 10.7	−1.20	−1.54 43	+0″.93 2.8	−2″.65	−1.61 46	−0.28 7.5		−1.41	−1.48 55
1874*	−1.00 8.0	−1.60	−1.55 36	−0.65 14.0	−1.08	−1.37 59	−0.44 11.3		−1.01	−1.30 73
1875	−1.37 11.5	−1.39	−1.50 46	−0.29 16.1	−1.29	[illegible].2 72	−0.42 1.9	+0″.03 13.1	−0.86	−1.31 90
1876	−0.70 11.9	−2.05	−1.85 48	−0.82 16.0	−1.21	−1.64 72		+0.64 19.6	−1.66	−1.65 99
1877	−0.37 6.5	−1.91	−1.52 26	+0.13 9.5	−1.83	−1.63 41		+1.99 9.3	−3.00	−1.94 53
1878	(+0.85 5.2)		−1.30 10	+0.80 6.4	−2.28	−1.93 28		+0.60 7.9	−1.91	−1.92 39
1879	(+1.06 0.9)		−1.34 18	+0.52 9.0	−2.04	−1.69 36		+0.14 5.1	−1.21	−1.62 42
1880					−2.22	−2.22 16		−0.06 3.8	−1.54	−2.06 21
1881					−2.28	−2.28 12				−2.28 12
1882					−3.40	−3.40 10				−3.40 10
	−1″.14 (82.2)			−0″.18 (73.8)			−0″.08 (33.5)	+0″.62 (58.8)		

* Zahl der Beob. für Frisby versehentlich 12 statt 16, und weiter für alle Mittel des Jahres um 4 zu klein genommen.

Reduction auf die Mittel (F_5)

Harkness		
1868	−0″.74	G.3.4
1869	−1.31	4.3
1870	+1.40	12.0
1872	+3.17	1.0
	+0″.57	(20.7)

Pritchett		
1878	−2″.37	G.6.6
1879	−0.68	16.1
	−1″.17	(22.7)

	Rock		*Winlock*	
1880	−0″.58	G.5.8	−1″.12	G.8.0
1881	−0.83	8.7	−0.50	7.9
1882	−1.86	6.4	−2.07	7.4
	−1″.08	(20.9)	−1″.21	(23.3)

Eastman, II. Per.		
1878	+0″.23	G.8.6
1879	+0.78	1.0
1880	−1.66	7.2
1881	−0.37	6.9
1882	−0.97	5.7
	−0″.59	(29.4)

Vergleichung der beiden Gruppen

	Mittel (N_2)	*Abbe* red.	Mittel (N)	Mittel (F_5)	*Harkn.* red.	Mittel (F)	(F)−(N)	
1868	−3″.16 58	−3″.36 8	−3″.18 66	−1″.29 21	+0″.02 4	−1″.08 25	+2″.10 G.18.1	+1″.61 G.30.3
1869	−2.95 29		−2.95 29	−2.61 15	−0.73 6	−2.07 21	+0.88 12.2	

Die Reductionen auf Frisby für die Beobachter der ersten Gruppe werden also:

Newcomb	+1″.61
Thirion	−0.92
Hall	+0.18
Rogers	−1.59
Abbe	−0.60

Ferner erhält man noch die Reduction für Holden = −1″.23 (G. 9.9). Eastman hat seine Auffassung bei den Einstellungen zwischen die Fäden augenscheinlich mehrfach verändert, weshalb ich hier Alles zunächst auf Frisby reducirt habe; Angesichts der Unsicherheit der letzten Vergleichungen habe ich mich darauf beschränkt zwei Perioden zu unterscheiden.

Das Mittel aller 16 Reductionen ist* = −0″.43. Damit ergeben sich die folgenden auf das Mittel aller Beobachter reducirten Correctionen des verticalen Durchmessers.

Tafel J.

	1866	1867	1868	1869	1870	1871	1872	1873
Newcomb	−0″65 37	−1″12 31	−1″77 32	−1″03 20				
Thirion	−1.96 38	−1.03 36	−0.32 26	−0.65 9				
Hall	−1.78 35	−0.68 51						
Rogers	−1.33 43	−0.76 2						
Abbe		−0.72 4	−1.32 8					
Frisby			−0.94 12	−2.18 15	−0″72 22	−2″93 5	−1″04 23	−1″45 21
Eastman			−0.81 21		−1.09 19	−0.76 4	−1.06 33	−0.77 22
Harkness			+0.45 4	−0.30 6	−1.86 16		−3.60 1	
Stone					−1.88 7	−3.65 1	−0.85 18	−0.98 9
Skinner								−2.22 3
Holden								(−1.05 12)
	−1″42 (153)	−0″89 (124)	−0″99 (103)	−1″22 (50)	−1″24 (64)	−2″13 (10)	−1″04 (75)	−1″14 (55)

	1874	1875	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882
Frisby	−1″03 16	−1″19 22	−1″18 22	−0″71 13	−0″87 10	−0″91 18			
Eastman	−1.17 24	−0.96 24	−1.62 26	−1.48 13	−2.31 11	−2.56 1	−0″56 11	−2″07 16	−2″59 13
Stone	−0.58 14	−0.65 2							
Skinner	−0.65 23	−0.96 26	−0.78 24	−1.40 15	−1.95 18	−1.61 18	−1.79 16	−1.85 12	−2.97 10
Paul		−0.40 16	−1.23 27	−2.57 12	−1.48 11	−0.78 6	−1.11 5		
Pritchett					−0.29 8	−1.68 26			
Rock							−2.12 8	−2.10 31	−2.19 18
Winlock							−1.72 13	−2.56 23	−2.11 29
	−0″88 (77)	−0″91 (90)	−1″21 (99)	−1″52 (53)	−1″51 (58)	−1″40 (69)	−1″51 (53)	−2″19 (82)	−2″34 (70)

Werden die Bestimmungen der einzelnen Beobachter mit diesen Jahresmitteln verglichen, und die Abweichungen der Zahl der Beobachtungen entsprechend zu Mitteln vereinigt, so erhält man folgende Verbesserungen der angewandten Reductionen auf das Mittel aller Beobachter:

Newcomb	0″00	Abbe	+0″16	Harkness	+0″05	Pritchett	−0″07
Thirion	+0.03	Frisby	−0.02	Stone	−0.07	Rock	−0.01
Hall	+0.02	Eastman I	−0.01	Skinner	+0.03	Winlock	+0.07
Rogers	−0.09	» II	+0.02	Paul	−0.01	Holden	−0.09

Die Einführung dieser Verbesserungen ändert die Jahresmittel um folgende Beträge:

1866	−0″01	1871	−0″04	1879	−0″02
1867	+0.02	1872	−0.03	1880	+0.03
1868	+0.02	1873	−0.04	1881	+0.02
1869	+0.01	1874	−0.01	1882	+0.03

In den fünf übrigen Jahren ist die Correction = 0. Ferner ist 1869 und 1871 noch eine, 1870 wieder zufällig verschwindende Correction für jährliche Ungleichheit anzubringen, im Betrage von +0″03 bez. −0″08.

Das Mittel aller 17 Jahreswerthe, mit Gew. 1/4 für 1871, gibt −1″35 oder den verticalen Durchmesser für das Mittel aller Beobachter

32′ 2″65

aus 1297 Beobachtungen. Der absolute Fehler dieses Werths ist = ±3″53. —

Geht man von den Correctionen der Durchgangszeit auf solche des horizontalen Durchmessers über, und bringt an die einzelnen oben gegebenen Jahresmittel die kleinen nachträglich ermittelten Correctionen an, so werden die Resultate der Washingtoner Beobachtungen:

Tafel K.

Correction des Durchmessers der American Ephemeris.

	hor. Dm.		vert. Dm.			hor. Dm.		vert. Dm.	
1866	− 1″38	148	− 1″43	153	1875	− 1″65	93	− 0″91	90
1867	− 1.02	127	− 0.87	124	1876	− 1.48	93	− 1.21	99
1868	− 1.42	109	− 0.98	103	1877	− 1.48	52	− 1.52	53
1869	− 2.04	50	− 1.18	50	1878	− 1.28	59	− 1.40	58
1870	− 2.09	69	− 1.24	64	1879	− 1.32	71	− 1.42	69
1871	− 2.84	11	− 2.25	10	1880	− 1.58	62	− 1.48	53
1872	− 2.20	81	− 1.07	75	1881	− 1.29	77	− 2.17	82
1873	− 1.72	55	− 1.18	55	1882	− 1.72	76	− 2.31	70
1874	− 1.75	79	− 0.89	77					

Die folgende Tafel gibt, wie früher für Greenwich, die Resultate für die Gleichungen der einzelnen Beobachter.

Tafel L.

Persönliche Gleichungen, verglichen mit dem Mittel aller Beobachter, und absolute Fehler.

Beobachter	Zeit	Persönliche Gleichung					Absoluter Fehler		
		Durchgzt.	Beob.	hor. Dm.	vert. Dm.	Beob.	hor.	vert.	h − v
Newcomb	1866—69	−0″062	117	− 0″89	− 2″04	120	+ 2″39	+ 1″49	+ 0″90
Thirion	1866—69	+ 0.025	118	+ 0.36	+ 0.46	109	3.64	3.99	− 0.35
Hall	1866—67	− 0.019	82	− 0.27	− 0.63	86	3.01	2.90	+ 0.11
Rogers	1866—67	+ 0.103	43	+ 1.48	+ 1.25	45	4.76	4.78	− 0.02
Abbe	1867—68	− 0.039	17	− 0.56	+ 0.01	12	2.72	3.54	− 0.82
Frisby	1868—79	+ 0.090	204	+ 1.29	− 0.41	199	4.57	3.12	+ 1.45
Eastman	1868—77	+ 0.053	239	+ 0.76	+ 0.72	186	4.04	4.25	+ 0.08
"	1878—82				+ 0.14	52		3.67	
Harkness	1868—72	− 0.025	23	− 0.36	− 1.05	27	2.92	2.48	+ 0.44
Stone	1870—75	+ 0.083	63	+ 1.19	− 0.28	51	4.47	3.25	+ 1.22
Skinner	1873—82	− 0.043	166	− 0.62	− 0.28	165	2.66	3.25	− 0.59
Paul	1875—80	− 0.102	80	− 1.46	− 1.04	77	1.82	2.49	− 0.67
Pritchett	1878—79	+ 0.046	31	+ 0.66	+ 0.81	34	3.94	4.34	− 0.40
Rock	1880—82	− 0.095	55	− 1.36	+ 0.66	57	1.92	4.19	− 2.27
Winlock	1880—82	− 0.097	74	− 1.39	+ 0.71	65	1.89	4.24	− 2.35
Holden	1873	+ 0.080	9	+ 1.15	+ 0.89	12	4.43	4.42	+ 0.01

Der durchschnittliche Betrag der persönlichen Gleichung ist für den horizontalen Durchmesser 0″92, für den verticalen 0″71. Während die erstere Zahl identisch ist mit dem für Greenwich gefundenen Werth, ist die letztere erheblich kleiner als dort; auch stellt sich die Vergleichung der beiden Durchmesser ansehnlich günstiger als dort, indem die Differenzen hor. − vert. durchschnittlich kleiner, und unter

15 Fällen 7 Mal + und 8 Mal − sind. Die Einstellung des Sonnenrandes zwischen Fäden ist der Berührungsbeobachtung gegenüber ersichtlich im Vortheil in Bezug auf Gleichartigkeit der Einstellungen verschiedener Beobachter und, was im Gegensatz hierzu nicht a priori zu erwarten steht, auch in Bezug auf Gleichartigkeit mit dem Resultat der chronographischen Durchgangsbeobachtung.

Die Beobachter haben auch hier ausnahmslos die Sonne zu gross gemessen, um Beträge von 1″5 (Newcomb v. D.) oder 1″9 (Paul, Rock, Winlock h. D.) bis 4″8 (Rogers beide Dm.).

Beobachtungen am Carrington Transit Circle der Oxforder Sternwarte.

Der neue Meridiankreis der Radcliffe Sternwarte ist seit 1862 zu den dortigen Beobachtungen benützt. Sein Fernrohr hat 5 Zoll Öffnung und $5^1/_2$ Fuss Brennweite, engl. Maass. Die angewandte Vergrösserung ist 142; die Fadenantritte sind immer, so viel zu ersehen, mit Auge und Ohr beobachtet, die Zenithdistanzen an einem einfachen Faden eingestellt.

Aus den in den einzelnen Bänden der Radcliffe Observations zusammengestellten Werthen finde ich die folgenden Mittel, mit Ausschluss der dort eingeklammerten Zahlen, einer anderen Beobachtung, welche in beiden Durchmessern stark abweicht und bei äusserst unruhigen Bildern erhalten ist, und noch eines verfehlten verticalen Durchmessers.

Tafel M.

Correctionen der Durchgangszeit des Nautical Almanac.

	Quirling	*Lucas*				
1862	−0^{s}274 33 (Quirling und Lucas)					
1863	−0^{s}168 43	−0^{s}410 29				
1864	−0.052 97	−0.398 17	*Main*			
1865	−0.101 100		−0^{s}086 8			
1866	−0.132 85		+0.160 1			
1867	−0.031 72		+0.251 7	*Béchaux*		
1868	−0.020 104		+0.158 4		*Keating*	
1869	−0.006 5		+0.110 3	−0^{s}015 63		
1870			+0.109 7	+0.125 91	+0^{s}196 25	
1871			+0.062 10		+0.205 72	*F. Bellamy*
1872			+0.286 5		+0.202 66	
1873					+0.299 69	+0^{s}062 12
1874					+0.283 84	−0.103 3
1875					+0.262 64	−0.176 8
1876					+0.267 19	−0.199 81
	Robinson	*Wickham*	*Bowden*			
1880	+0^{s}150 1	−0^{s}080 1	−0^{s}001 12			
1881	−0.194 17	−0.262 13		*H. Bellamy*		
1882	−0.218 19	−0.236 5		−0^{s}090 1		−0.145 2
1883	−0.183 19	−0.085 20				−0.247 7

Tafel N.

Correctionen des verticalen Durchmessers des Nautical Almanac.

	Quirling	*Lucas*	*Main*	*Béchaux*	*Keating*	*F. Bellamy*
1862	−2″14 36					
1863	−1″33 43	−0″89 29				
1864	−1.10 96	−0.74 18				
1865	−0.40 97		+1″69 7			
1866	−1.18 87		+3.00 1			
1867	−1.50 76		+2.71 7			
1868	−1.03 97		−1.42 4			
1869	−1.78 5		+0.30 2	−0″49 64		
1870			+2 36 9	−1.85 78	+1″71 24	
1871			−0.01 10		+0.20 72	
1872			+2.94 5		+0.42 70	
1873					+1.34 74	+0″20 11
1874					+0.62 99	+1.83 3
1875					+1.03 70	−0.13 12
1876					+0.57 19	−1.06 83
	Robinson	*Wickham*	*Bowden*	*H. Bellamy*		
1880	−1″80 2	+0″40 2	+0″27 12			
1881	+0.16 23	−0.10 13				
1882	0.00 19	−0.32 6		−1″84 1		−0.98 1
1883	−0.46 19	+0.36 20				−1.90 7

Beobachtungen von 1877—1879 sind nicht veröffentlicht, vielleicht überhaupt nicht vorhanden.

Im Jahre 1862 sind die Beobachter nicht bei den einzelnen Beobachtungen angegeben. Die Differenz Lucas — Quirling ergibt sich

1863	−0ˢ242	G. 17.3	+0″44	G. 17.3
1864	−0.346	14.5	+0.36	15.2
im Mittel	−0ˢ289		+0″40	

Unter der Voraussetzung, dass Quirling und Lucas 1862 gleich oft beobachtet haben, erhält man mit diesen Differenzen aus den oben angegebenen Gesammtmitteln

1862 Q. −0ˢ129 (17) −2″34 (18) L. −0ˢ419 (16) −1″94 (18).

Die Zusammensetzung der Oxforder Reihe gestattet nicht die vorhin für die Greenwicher und die Washingtoner Reihe angewandte Behandlung, sie kann erst weiterhin in Verbindung mit diesen letzteren näher discutirt werden. Das Vorkommen ungeheuerer persönlicher Gleichungen und starker Änderungen der Auffassung ist aber ohne weiteres ersichtlich. Für die Durchgangszeit z. B. gibt Lucas 1862—1864 im Mittel die Correction −0ˢ409, Keating 1870—1872 +0ˢ204 und 1873—1876 +0ˢ281, die Differenz der horizontalen Durchmesser dieser beiden Beobachter beträgt also, für zwei 11 Jahre von einander abstehende Epochen, 10″!

Lucas bietet den interessanten, abgesehen von dem unverbürgten Todd'schen Fall der Greenwicher Reihe ganz allein stehenden Fall dar, dass die Sonne durch Durchgangsbeobachtungen zu klein gemessen

ist, indem der absolute Fehler des eben angegebenen Mittels −1″37 beträgt.

Keating dagegen hat in den beiden Perioden, welche für diesen Beobachter anscheinend zu unterscheiden sind, den horizontalen Durchmesser 7″46 bez. 8″57 zu gross gefunden (vorher in Greenwich durch Registrirbeobachtungen 4″50 zu gross). Es ist von Interesse zu untersuchen, ob ein so ungeheuerer Auffassungsfehler unter verschiedenen Umständen der Beobachtung constant ist oder nicht. Ich habe deshalb für die Keating'sche Reihe Jahresmittel aus denjenigen Werthen allein gebildet, welche ohne Note aufgeführt werden, und die Abweichungen der mit Noten versehenen Werthe von diesen Mitteln aufgesucht. Diese Noten bieten sehr mannigfaltige Combinationen; werden dieselben so weit als möglich in die drei Kategorien gebracht: Bilder schwach; unruhig; sehr unruhig, so ergeben sich folgende Mittelwerthe:

	Beobachtungen ohne Note		Relative Abweichung der beobachteten Durchgangszeit: Bild schwach		Bild unruhig		Bild sehr unruhig	
1870	+0^{s}201	20	...	..	...	..	−0^{s}025	5
1871	+0.182	24	−0^{s}025	15	+0^{s}012	7	+0.122	19
1872	+0.215	31	−0.103	11	−0.017	9	+0.211	10
1873	+0.310	47	−0.092	12	...	..	+0.022	8
1874	+0.275	54	−0.048	11	+0.039	9	+0.113	8
1875	+0.260	52	−0.091	7	...	..	+0.152	5
1876	+0.254	16	−0.086	3	...	..	...	..
			−0^{s}060	(59)	+0^{s}011	(25)	+0^{s}112	(55)

Keating hat also den Durchmesser bei schwachen Bildern kleiner, bei unruhiger Luft grösser beobachtet, um Beträge, deren Berücksichtigung in Anbetracht der relativ grossen Zahl der gestörten Beobachtungen nothwendig erscheint. Bei den übrigen Beobachtern ist zu einer entsprechenden Reduction kein Anlass, da dieselben nur selten Vermerke gemacht haben; Béchaux scheint allerdings bei unruhigem Bilde gleichfalls erheblich grösser beobachtet zu haben, fällt aber überhaupt aus der weiteren Untersuchung aus. Man erhält nach Ausführung der Reduction für Keating die folgende Reihe der Correctionen der Durchgangszeit für normalen Luftzustand:

1870	+0^{s}174	1873	+0^{s}296
1871	+0.187	1874	+0.279
1872	+0.195	1875	+0.260
		1876	+0.276

Der Gegensatz zwischen den beiden Gruppen wird durch diese Reduction noch verschärft. Die Ursache desselben ist möglicher Weise ein Eingriff in das Instrument gewesen; 1873 Januar 24 wurde nämlich das Objectiv abgenommen, zerlegt und gereinigt, und ist vielleicht seine Stellung gegen das Fadennetz nach dem Wiederansetzen weniger correct geworden — nachdem schon am 31. December 1872 ein ver-

geblicher Versuch gemacht worden war, das Objectiv heraus zu bekommen, wobei nach den Durchgangszeiten zu urtheilen der Focus schon verändert sein möchte. Die beobachteten verticalen Durchmesser machen diese Erklärung indess wieder zweifelhaft, zwischen 1872 und 1873 erscheint zwar ein gut correspondirender Sprung, im Gesammtmittel der zweiten Gruppe sind die verticalen Durchmesser aber nur 0″42 grösser, während der Zuwachs in den horizontalen 1″34 beträgt. Auch findet sich ein eben so grosser Sprung in den horizontalen Durchmessern bei Quirling von 1866 auf 1867, ohne dass eine Änderung am Instrument angezeigt wäre; und die noch grössere Differenz zwischen den beiden Jahresmitteln für Béchaux wird durch eine Betrachtung der Monatsmittel ganz ersichtlich auf schwankende Auffassung zurückgeführt.

Die in Oxford beobachteten Durchmesser selbst werden, wenn zur Verwandlung der Correctionen der Durchgangszeit der hier wieder im Durchschnitt innerhalb 0.05 zutreffende Factor 14.4 angewandt wird:

Tafel 0.

	hor. 32′	vert. 32′	$h-v$	Beob.	hor.	vert. 32′	$h-v$	Beob.	hor. 32′	vert. 32′	$h-v$	Beob.
	Quirling				*Lucas*							
1862	1″82	1″34	+0″48	17.18	31′ 57″65	1″74	−4″09	16.18				
1863	1.26	2.35	−1.09	43.43	57.78	2.79	−5.01	29.29				
1864	2.93	2.58	+0.35	97.96	57.95	2.94	−4.99	17.18				
					Main							
1865	2.23	3.28	−1.05	100.97	32′ 2″44	5″37	−2″93	8. 7				
1866	1.78	2.50	−0.72	85.87	5.98	6.68	−0.70	1. 1				
1867	3.23	2.18	+1.05	72.76	7.29	6.39	+0.90	7. 7				
1868	3.39	2.65	+0.74	104.97	5.96	2.26	+3.70	4. 4	*Béchaux*			
1869	3.59	1.90	+1.69	5. 5	5.26	3.98	+1.28	3. 2	3″46	3″19	+0″27	63.64
	Keating											
1870	6″19	5″39	+0″80	25.24	5.25	6.04	−0.79	7. 9	5.48	1.83	+3.65	91.78
1871	6.37	3.88	+2.49	72.72	4.57	3.67	+0.90	10.10				
1872	6.49	4.10	+2.39	66.70	7.80	6.62	+1.18	5. 5	*F. Bellamy*			
1873	7.94	5.02	+2.92	69.74					4″57	3″88	+0″69	12.11
1874	7.70	4.30	+3.40	84.99					2.20	5.51	−3.31	3. 3
1875	7.42	4.71	+2.71	64.70					1.15	3.55	−2.40	8.12
1876	7.65	4.25	+3.40	19.19					0.81	2.62	−1.81	81.83
	Robinson				*Wickham*				*Bowden*			
1880	5″84	1″88	+3″96	1. 2	32′ 2″53	4″08	−1″55	1. 2	3″67	3″95	−0″28	12.12
1881	0.89	3.84	−2.95	17.23	31 59.91	3.58	−3.67	13.13	*F. Bellamy*			
1882	0.54	3.68	−3.14	19.19	32 0.28	3.36	−3.08	5. 6	1″59	2″70	−1″11	2. 1
1883	1.04	3.22	−2.18	19.19	2.46	4.04	−1.58	20.20	0.12	1.78	−1.66	7. 7

Dr. Hilfiker's Resultate der Neuchâteler Sonnenbeobachtungen von 1862—1883.

Dr. Hilfiker gibt in seiner »Première Étude sur les observations du diamètre du Soleil faites à l'Observatoire de Neuchâtel de 1862

à 1883« S. 13 eine Zusammenstellung der Jahresmittel der auf den Aequator und mittlere Entfernung reducirten Durchgangszeiten nebst der Zahl der zugehörigen Beobachtungen. Dieselben rühren von 8 verschiedenen Beobachtern her, und sind für 6 Jahre die angegebenen Resultate gemischte aus den Messungen mehrerer Beobachter (einmal von 3, sonst von 2). Da eine zweite Zusammenstellung (S. 14) die Zeitgrenzen, innerhalb welcher jeder Beobachter gearbeitet hat, und die Gesammtzahl seiner Beobachtungen angibt, kann die Zahl der auf jedes jener 6 Jahre entfallenden Beobachtungen jedes einzelnen Beobachters wieder ermittelt werden, abgesehen von einem die Vertheilung der Beobachtungen von Hirsch, Schmidt und Becker auf die Jahre 1864, 1871 und 1874 betreffenden ganz unerheblichen Zweifel. Auf die kurze dritte Periode von Hirsch, 1874 April 23 — Mai 28, sollten nach der Tafel der monatlichen Durchschnittszahlen (S. 7) 22 Beobachtungen entfallen. Die Gesammtzahl der Beobachtungen von 1874 übertrifft die durchschnittliche jährliche Anzahl aus der ganzen Reihe etwas; andererseits liegen die Beobachtungszahlen für Hirsch, um einiges mehr, unter dem Durchschnitt; ich habe deshalb angenommen, dass auf diese Periode 20 Beobachtungen fallen. Der mögliche Fehler dieser Zahl kann nicht in's Gewicht fallen, und nach ihrer Festsetzung werden alle Beobachtungszahlen bekannt. Mit Hülfe derselben können dann die Einzelmittel genähert wiedergefunden werden.

Prof. R. Wolf hat in seinen »Studien über die von Hrn. Dr. Hilfiker berechnete Neuenburger Reihe von Sonnenradien« in Nr. LXI seiner »Astronomischen Mittheilungen« die von Dr. Hilfiker abgeleiteten und ihm mitgetheilten Mittel für alle einzelnen Monate der Periode August 1862 — December 1883 zusammengestellt. Hierdurch wird es gleichfalls ermöglicht, die von Dr. Hilfiker vermischten Beobachtungsresultate wieder angenähert richtig zu trennen, indem man für die fehlenden Beobachtungszahlen die nach der Tafel S. 7 geltenden Durchschnittswerthe einsetzt.

Auf diesen Wegen habe ich die folgende Tafel der Jahresresultate erlangt, die ich an Stelle der Hilfiker'schen zu setzen vorziehe, weil jeder weiteren Verwendung dieser Beobachtungen eine Untersuchung über die persönlichen Gleichungen der Beobachter nothwendig vorangehen muss.

Tafel P.

Beobachtete horizontale Durchmesser.

	Hirsch		*Schmidt*	
1862	32′ 2″40	41		
1863	3.33	134		
1864	3.5	81?	32′ 4″3	51?
1865	..		2.79	164
1866	..		3.21	173

	Hirsch		*Schmidt*			
1867	..		32′ 2″55	174		
1868	..		2.46	104		
1869	..		1.98	194		
1870	..		1.17	164	*Becker*	
1871	..		0.5	67?	32′ 2″4	108?
1872	..				2.37	168
1873	..		*Franz*		3.21	156
1874	32′ 4″6	20?	32 3.9	116	4.2	38?
1875			2.46	184		
1876	*Grützmacher*		3.12	160	*Meyer*	
1877	32 3.9	119	4.7	29	32 3.54	28
1878	3.45	167				
1879	4.20	175	*Legrand-Roy*			
1880	4.9	26	32 3.3	158	*Hilfiker*	
1881			3.0	152	32 5.5	29
1882					3.84	130
1883					3.57	158

Die nur auf 0″1 angegebenen näherungsweise ermittelten Werthe werden meist bis auf 0″1 oder 0″2 mit den unbekannten richtigen Mitteln übereinstimmen.

Die Öffnung des benutzten Merz'schen Fernrohrs beträgt nach Dr. Hilfiker's Angabe $4^1/_4$ P. Zoll bei 6 Fuss Brennweite; das angewandte Ocular vergrösserte 200 Mal oder etwas mehr und die Antritte wurden registrirt. Declinationen sind nicht beobachtet.

Die Durchmesser sind auch in diesem Falle durchweg viel grösser beobachtet als am Heliometer. Die Mittelwerthe für die einzelnen Beobachter, nach der Zahl der Beobachtungen genommen, sind nach Dr. Hilfiker's Tafel:

Hirsch	32′ 3″33	276 B.	Fehler	+4″21
Schmidt	2.34	1091 „	„	+3.22
Becker	2.82	470 „	„	+3.70
Franz	3.15	489 „	„	+4.03
Meyer	3.54	28 „	„	+4.42
Grützmacher	3.93	487 „	„	+4.81
Legrand-Roy	3.18	310 „	„	+4.06
Hilfiker	3.87	317 „	„	+4.75

Das Mittel ist, mit Gew. $^1/_4$ für das Meyer'sche Resultat, 32′ 3″24 nach 3468 Beobachtungen (4″12 zu gross) und die durchschnittliche Abweichung der 8 Beobachter hiervon = 0″41, ihre Übereinstimmung also ungleich grösser als die der Greenwicher, Washingtoner und Oxforder Beobachter. Es wird diess zum Theil an der sehr grossen Zahl von Beobachtungen liegen, welche dieselben sämmtlich, mit Ausnahme von Meyer, angestellt haben.

Die vorstehenden Zahlen bedürfen indess noch zum Theil erheblicher Verbesserungen, um die jährliche Ungleichheit zu berücksichtigen, welcher die Beobachtungen an dem Neuchâteler Instrument in hervorragendem Maasse unterworfen sind. Indem ich die Erörterung dieses Gegenstandes selbst weiter unten vornehme, beschränke ich mich hier darauf, die Abweichungen des von Dr. Hilfiker S. 5 als Mittel aller Beobachtungen angegebenen Durchmessers 32′ 3″02

von den monatlichen Werthen des Durchmessers nach der Tafel S. 8 als Reductionen anzubringen; dabei muss, weil die Beobachtungszahlen im Einzelnen nicht bekannt sind, überall die gleiche Vertheilung der Beobachtungen angenommen werden, wie sie die Tafel S. 7 anzeigt — die übrigens, um mit der Tafel S. 8 in Übereinstimmung gebracht zu werden, einiger hier vorgenommenen Berichtigungen bedarf. Es ergibt sich auf diese Weise folgende

Tafel Q.

Beobachtete horizontale Durchmesser, befreit von der jährlichen Ungleichheit.

	Hirsch					
1862	32′ 2″34	41				
1863	3.32	134	*Schmidt*			
1864	3.50	81	32′ 4″27	51		
1865	..		2.78	164		
1866	..		3.20	173		
1867	..		2.54	174		
1868	..		2.45	104		
1869	..		1.97	194		
1870	..		1.16	164	*Becker*	
1871	..		0.48	67	32′ 2″40	108
1872	..				2.37	168
1873	..		*Franz*		3.21	156
1874	5.06	20	32 3.94	116	3.87	38
1875			2.45	184		
1876	*Grützmacher*		3.11	160	*Meyer*	
1877	32 3.95	119	4.09	29	32 3.89	28
1878	3.44	167				
1879	4.19	175	*Legrand-Roy*			
1880	4.17	26	32 3.39	158	*Hilfiker*	
1881			3.08	152	32 5.15	29
1882					3.83	130
1883					3.56	158

Eine zusammenhängende Behandlung dieser sich zunächst in einzelne Gruppen auflösenden Reihe kann gleichfalls erst im Anschluss an die Greenwicher und Washingtoner Beobachtungen erfolgen.

Die folgende Tafel enthält zunächst eine Zusammenstellung der Jahresresultate für Greenwich und Washington in unmittelbar vergleichbarer Form. Für Greenwich sind an die oben (S. 1067, 1072) gegebenen Jahresmittel noch die Reductionen auf das Mittel aller Beobachter nach S. 1076 angebracht und die reducirten Correctionen zu dem Werth 32′ 3″64 hinzugefügt. Für Washington waren die S. 1083 zusammengestellten Correctionen als bereits für das Mittel aller Beobachter gültig unmittelbar an den Werth 32′ 4″00 anzubringen.

Erklärung der letzten Columnen der Tafel folgt weiter unten.

Tafel R.

	Greenwich				Washington						Mittel			
	beob. hor. Dm.	Beob.	beob. vert. Dm.	Beob.	beob. hor. Dm	Beob.	beob. vert. Dm.	Beob.	Wash. red. hor. Dm.	Wash. red. vert. Dm.	hor. Dm.	Beob.	vert. Dm.	Beob.
	32′		32′		32′		32′		32′	32′	32′		32′	
1851	1″49	84	3″41	104										
1852	2.31	102	4.07	109										
1853	2.38	77	3.53	82										
1854	1.61	90	3.04	72										
1855	2.26	85	3.72	90										
1856	1.86	103	3.13	105										
1857	1.97	113	2.91	121										
1858	1.79	121	3.11	131										
1859	2.08	102	3.18	123										
1860	1.82	67	2.48	66										
1861	2.03	107	2.86	112										
1862	1.51	82	2.96	86										
1863	1.72	103	2.93	107										
1864	2.36	105	2.86	112										
1865	2.26	104	2.87	116										
1866	2.31	95	3.21	100	2″62	148	2″57	153	2″22	2″31	2″26	243	2″67	253
1867	1.85	73	2.63	81	2.98	127	3.13	124	2.58	2.87	2.31	200	2.78	205
1868	2.00	111	2.56	125	2.58	109	3.03	103	2.18	2.77	2.09	220	2.65	228
1869	1.82	79	2.35	93	1.96	50	2.82	50	1.56	2.56	1.72	129	2.42	143
1870	1.77	106	2.34	117	1.91	69	2.76	64	1.51	2.52	1.68	175	2.40	181
1871	2.05	102	2.47	103	1.16	11	1.75	10	0.76	1.49	1.92	113	2.38	113
1872	1.85	107	2.51	109	1.80	81	2.93	75	1.40	2.67	1.65	188	2.58	184
1873	1.72	102	2.26	106	2.28	55	2.82	55	1.88	2.56	1.78	157	2.36	161
1874	1.99	86	2.40	87	2.25	79	3.11	77	1.85	2.85	1.92	165	2.61	164
1875	1.70	96	2.35	101	2.35	93	3.09	90	1.95	2.83	1.82	189	2.58	191
1876	1.74	97	2.34	95	2.52	93	2.79	99	2.12	2.53	1.93	190	2.44	194
1877	2.00	75	2.32	75	2.52	52	2.48	53	2.12	2.22	2.05	127	2.28	128
1878	1.93	77	2.17	72	2.72	59	2.49	58	2.32	2.23	2.10	136	2.20	130
1879	1.97	59	2.02	62	2.68	71	2.58	69	2.28	2.32	2.14	130	2.18	131
1880	2.33	99	2.20	102	2.42	62	2.52	53	2.02	2.26	2.21	161	2.22	155
1881	2.42	107	2.49	108	2.71	77	1.83	82	2.31	1.57	2.37	184	2.09	190
1882	2.41	87	2.25	97	2.28	76	1.69	70	1.88	1.43	2.16	163	1.91	167
1883	2.93	111	2.01	120										

Die Differenzen der auf den beiden Sternwarten beobachteten Durchmesser sind:

	Greenwich — Washington				
	hor. Dm.	Abw. v. M.	vert. Dm.	Abw. v. —0″26	
1866	—0″31	+0″09	+0″64	+0″90	
1867	— 1.13	— 0.73	— 0.50	— 0.24	
1868	— 0.58	— 0.18	— 0.47	— 0.21	
1869	— 0.14	+ 0.26	— 0.47	— 0.21	
1870	— 0.14	+ 0.26	— 0.42	— 0.16	
1871	+ 0.89	+ 1.29	+ 0.72	+ 0.98	(Gew. 1/4)
1872	+ 0.05	+ 0.45	— 0.42	— 0.16	
1873	— 0.56	— 0.16	— 0.56	— 0.30	
1874	— 0.26	+ 0.14	— 0.71	— 0.45	
1875	— 0.65	— 0.25	— 0.74	— 0.48	
1876	— 0.78	— 0.38	— 0.45	— 0.19	
1877	— 0.52	— 0.12	— 0.16	+ 0.10	
1878	— 0.79	— 0.39	— 0.32	— 0.06	
1879	— 0.71	— 0.31	— 0.56	— 0.30	
1880	— 0.09	+ 0.31	— 0.32	— 0.06	
1881	— 0.29	+ 0.11	+ 0.64	+ 0.90	
1882	+ 0.13	+ 0.53	+ 0.56	+ 0.82	

Die Zahl der Beobachtungen ist in den verschiedenen Jahren sehr verschieden, abgesehen aber auch davon, dass sie nicht unmittelbar das richtige Maass der relativen Genauigkeit gibt, ist es überflüssig auf dieselbe bei einer Mittelbildung Rücksicht zu nehmen, weil sie überall gross genug ist, um die zufälligen Fehler der Jahresresultate sehr klein zu machen, mit Ausnahme des Jahres 1871. Erhält für dieses Jahr die Vergleichung das Gewicht $^1/_4$, so werden die Mittel

Greenw. — Wash. hor. Dm. $-0\overset{''}{.}40$, vert. Dm. $-0\overset{''}{.}25$

und die durchschnittliche Abweichung einer einjährigen Differenz von diesen Mitteln für den horizontalen Durchmesser $0\overset{''}{.}29$ und für den verticalen $0\overset{''}{.}34$, wonach der mittlere Fehler eines Jahresresultats einer der beiden Sternwarten auf $\pm 0\overset{''}{.}27$ bez. $\pm 0\overset{''}{.}31$ zu schätzen wäre.

Mit den mittleren Differenzen $-0\overset{''}{.}40$ und $-0\overset{''}{.}26$ (versehentlich statt $-0\overset{''}{.}25$ genommen) sind nun die Washingtoner Werthe auf Greenwich reducirt und darauf die Mittel, hier nach der Zahl der Beobachtungen, gebildet, welche in den letzten Columnen der vorstehenden Tafel bereits angegeben sind.

Das Mittel aus den 33 schliesslichen Jahreswerthen für den horizontalen Durchmesser ist 32′ 2″.01, das Mittel für den verticalen 32′ 2″.72. Die folgende Tafel gibt für die einzelnen Jahre die Abweichungen von diesen Mitteln und die Abweichung der beobachteten Differenzen hor. — vert. von ihrem Mittel $-0\overset{''}{.}65$.

Tafel S.

	hor.	vert.	*h—v*	*v′*	*h—v′*	*h′*	*h′—v′*	Rel. Z.	Abw.	M. V.	Abw.	Vgl. Zahl
1851	−0″52	+0″69	−1″21	+0″02	−0″54	−0″42	−0″44	61.9	+ 14.5	9′27	+0′21	+0.096
1852	+0.30	+1.35	−1.05	+0.72	−0.42	+0.40	−0.32	52.2	+ 4.8	9.09	+0.03	+0.027
1853	+0.37	+0.81	−0.44	+0.22	+0.15	+0.47	+0.25	37.7	− 9.7	8.41	−0.65	−0.121
1854	−0.40	+0.32	−0.72	−0.23	−0.17	−0.30	−0.07	19.2	−28.2	8.42	−0.64	−0.212
1855	+0.25	+1.00	−0.75	+0.50	−0.25	+0.35	−0.15	6.9	−40.5	7.46	−1.60	−0.380
1856	−0.15	+0.41	−0.56	−0.05	−0.10	−0.05	0.00	4.2	−43.2	7.06	−2.00	−0.438
1857	−0.04	+0.19	−0.23	−0.23	+0.19	+0.06	+0.29	21.6	−25.8	6.82	−2.24	−0.378
1858	−0.22	+0.39	−0.61	+0.01	−0.23	−0.12	−0.13	50.9	+ 3.5	9.34	+0.28	+0.049
1859	+0.07	+0.46	−0.39	+0.12	−0.05	+0.17	+0.05	96.4	+49.0	11.11	+2.05	+0.473
1860	−0.19	−0.24	+0.05	−0.53	+0.34	−0.09	+0.44	98.6	+51.2	11.21	+2.15	+0.495
1861	+0.02	+0.14	−0.12	−0.11	+0.13	+0.12	+0.23	77.4	+30.0	10.41	+1.35	+0.300
1862	−0.50	+0.24	−0.74	+0.03	−0.53	−0.40	−0.43	59.1	+11.7	8.83	−0.23	+0.032
1863	−0.29	+0.21	−0.50	+0.04	−0.33	−0.19	−0.23	44.0	− 3.4	9.24	+0.18	+0.003
1864	+0.35	+0.14	+0.21	+0.01	+0.34	+0.10	+0.09	46.9	− 0.5	9.39	+0.33	+0.034
1865	+0.25	+0.15	+0.10	+0.07	+0.18	0.00	−0.07	30.5	−16.9	9.15	+0.09	−0.075
1866	+0.25	−0.05	+0.30	−0.09	+0.34	0.00	+0.09	16.3	−31.1	8.39	−0.67	−0.230
1867	+0.30	+0.06	+0.24	+0.06	+0.24	+0.05	−0.01	7.3	−40.1	8.02	−1.04	−0.316
1868	+0.08	−0.07	+0.15	−0.03	+0.11	−0.17	−0.14	37.3	−10.1	8.91	−0.15	−0.067
1869	−0.29	−0.30	+0.01	−0.22	−0.07	−0.08	+0.14	73.9	+26.5	10.28	+1.22	+0.268
1870	−0.33	−0.32	−0.01	−0.19	−0.14	−0.12	+0.07	139.1	+91.7	12.33	+3.27	+0.822
1871	−0.09	−0.34	+0.25	−0.17	+0.08	+0.12	+0.29	111.2	+63.8	12.49	+3.43	+0.800
1872	−0.36	−0.14	−0.22	+0.07	−0.43	−0.15	−0.22	101.7	+54.3	11.86	+2.80	+0.583
1873	−0.23	−0.36	+0.13	−0.11	−0.12	−0.02	+0.09	66.3	+18.9	10.30	+1.24	+0.232
1874	−0.09	−0.11	+0.02	+0.18	−0.27	+0.12	−0.06	44.6	− 2.8	8.93	−0.13	−0.028

	hor.	vert	$h-v$	v'	$h-v'$	h'	$h'-v'$	Rel. Z.	Abw.	M.V.	Abw.	Vgl. Zahl
1875	−0″19	−0″14	−0″05	+0″20	−0″39	+0″02	−0″18	17.1	−30.3	7′64	−1′42	−0.309
1876	−0.08	−0.28	+0.20	+0.10	−0.18	+0.13	+0.03	11.3	−36.1	7.37	−1.69	−0.368
1877	+0.04	−0.44	+0.48	−0.02	+0.06	−0.12	−0.10	12.3	−35.1	6.95	−2.11	−0.410
1878	+0.09	−0.52	+0.61	−0.06	+0.15	−0.07	−0.01	3.4	−44.0	6.78	−2.28	−0.473
1879	+0.13	−0.54	+0.67	−0.04	+0.17	−0.03	+0.01	6.0	−41.4	7.07	−1.99	−0.428
1880	+0.20	−0.50	+0.70	+0.05	+0.15	+0.04	−0.01	32.3	−15.1	7.90	−1.16	−0.204
1881	+0.36	−0.63	+0.99	−0.04	+0.40	+0.20	+0.24	54.2	+6.8	8.86	−0.20	+0.012
1882	+0.15	−0.81	+0.96	−0.18	+0.33	−0.01	+0.17	59.6	+12.2	8.77	−0.29	+0.030
1883	+0.92	−0.71	+1.63	−0.04	+0.96	(+0.76)	(+0.80)	63.0	+15.6	9.03	−0.03	+0.075

Die in dieser Tafel zunächst auffallende Erscheinung ist die fortschreitende Verkleinerung der verticalen Durchmesser. Bildet man 6 Theilmittel, so ergibt sich die Abweichung von dem mittlern Werth der ganzen Reihe

			übr. Fehler
1851—56	+0″76	Ep. 1854.0	+0″19
1857—61	+0.19	1859.5	−0.15
1862—67	+0.12	1865.0	+0.01
1868—73	−0.25	1871.0	−0.07
1874—78	−0.30	1876.5	+0.07
1879—83	−0.64	1881.5	−0.06

wonach die anscheinende Verkleinerung mit grosser Regelmässigkeit vor sich gegangen ist. Setzt man ihren jährlichen Betrag = 0″042, so bleiben für die 6 Epochen die nebenstehenden Fehler übrig; die Vergleichung der einzelnen Jahrgänge mit dieser Annahme gibt bereits die obige Tafel in den Columnen v' = beob. vert. Durchm. − [32′ 2″72 − 0″042 (t − 1867.5)] und $h - v'$. Der durchschnittliche Betrag der v' ist 0″14, viel kleiner als nach der Vergleichung zwischen Greenwich und Washington die durchschnittliche Unsicherheit der Jahreswerthe zu veranschlagen ist; die Beobachtungen der verticalen Durchmesser werden also durch die Einführung eines durch die 33 Jahre hindurch der Zeit proportionalen Gliedes erschöpfend ausgeglichen.

Die horizontalen Durchmesser zeigen keine oder nur eine ganz geringe und im Zeichen derjenigen des verticalen Durchmessers entgegengesetzte fortschreitende Veränderung; die Mittel der Abweichungen für 3 elfjährige Perioden sind

1851—61	−0″05
1862—72	−0.06
1873—83	+0.11

Ohne das letzte Jahr würde die dritte Gruppe nur +0″03 geben. Diese bei der Theilung der ganzen Reihe in drei gleiche Stücke sich ergebende Ausgleichung innerhalb der einzelnen Abtheilungen ist aber zufällig, indem die Col. »hor.« der obigen Tafel sehr deutlich vier ungleiche Gruppen von verschiedenem Verhalten aufweist, und die Vergleichung mit einem einzigen Mittelwerth abgesehen von diesen Zeichenfolgen auch in der Grösse der Abweichungen, deren Durchschnittsbetrag 0″25 wird, nicht völlig befriedigt. Man erhält

1851—63	13 J.	mittl. Abw.	−0″10
1864—68	5 »	» »	+0.25 (mit Gew. +0″23)
1869—76	8 »	» »	−0.21 (mit Gew. −0.22)
1877—83	7 »	» »	+0.27 (mit Gew. +0.22, ohne 1883 +0″16)

Die Annahme von Sprüngen zwischen den einzelnen Perioden, bei Constanz des Durchmessers innerhalb jeder Periode, genügt vollkommen zur Darstellung der Beobachtungen, denn die Vergleichung mit den aufgeführten vier Mitteln lässt nur eine durchschnittliche Abweichung von 0″17, oder mit Ausschluss des mit einem ungewöhnlich grossen und unzweifelhaft, wie noch weiter zu erörtern sein wird, nur den Beobachtungen zur Last fallenden Fehler behafteten Resultats für 1883 (Vergleichung in Col. h' der obigen Tafel) 0″14 übrig.

Die Übereinstimmung der von den Differenzen zwischen den vier Gruppen befreiten horizontalen Durchmesser mit der ausgeglichenen Reihe der verticalen Durchmesser (Col. $h'-v'$) ist noch näher, als nach Vorstehendem zu erwarten, indem der Durchschnittswerth einer Differenz nur 0″16 ist (ohne 1883); sofern der in dieser Vergleichung sich ergebende Überschuss an Genauigkeit, wie es namentlich für den Anfang der Reihe in der That der Fall zu sein scheint, mehr als bloss zufällig ist, weist er darauf hin, dass ein Theil der beobachteten Schwankungen von Jahr zu Jahr dadurch verursacht ist, dass die Beobachter die Sonnenscheibe wirklich in veränderter Grösse gesehen haben, sei es in Folge von Änderungen der Focalberichtigung, oder von Differenzen in dem mittlern Luftzustande oder aus noch anderen Ursachen.

Es ist nun zu untersuchen, ob die in der 33jährigen Beobachtungsreihe ersichtlichen Schwankungen in einer Beziehung zu den Vorgängen auf der Sonnenoberfläche und den nachgewiesener Maassen damit zusammenhängenden Erscheinungen stehen. Zu diesem Behuf gibt die obige Tafel Hrn. Wolf's »Relativzahlen« für den Fleckenstand[1] und ihre Abweichungen von dem Mittel der 33 Jahre 47.4, ferner die von Hrn. Wolf bestimmten Jahresmittel der täglichen Amplitude der magnetischen Variation[2] und ihre Abweichungen von dem 33jährigen Mittel 9′06. Die Änderungen des Fleckenstandes und der Amplitude der Variation correspondiren nach Hrn. Wolf's Untersuchungen sehr genau, derart dass einer Änderung Δr der »Relativzahl« eine Änderung der Amplitude $\Delta v = 0.045\,\Delta r$ entspricht. Ich habe daher die beiden unabhängig von einander abgeleiteten Reihen zusammen mit dem Durchmesser zur Vergleichung gezogen, um dieser Vergleichung grössere Sicherheit als durch Anschluss an eine einzelne der beiden Reihen

[1] Astron. Mitth. XXXIV. LXI.
[2] Astron. Mitth. LXI, ergänzt nach Astr. Nachr. 2437, 2533, 2621.

zu verschaffen. Die Col. »Vergleichszahl« der obigen Tafel enthält die Werthe

$$\frac{1}{2}\left\{\frac{\text{Rel.-Zahl} - 47.4}{100} + \frac{2}{9}\left(\text{Ampl. Magn. Var.} - 9'.06\right)\right\},$$

welche den Werthen hor. und vert. bez. v' gegenüberzustellen sind.

Es ist nun auf den ersten Blick auffallend, dass sehr überwiegend und anscheinend regelmässig positiven Werthen der Vergleichszahl negative Abweichungen der horizontalen Durchmesser, negativen Werthen positive entsprechen; in 20 Fällen ist das Zeichen entgegengesetzt und nur in 13 Fällen, von welchen etwa die Hälfte zudem auf ganz kleine absolute Werthe trifft, gleich. Auf den ersten Blick scheinen also die neueren Greenwicher und Washingtoner Beobachtungen die Folgerung zu bestätigen, welche Hr. Wolf aus der Maskelyne'schen und Hr. Hilfiker aus der Neuenburger Reihe der horizontalen Durchmesser gezogen hat, dass in fleckenarmen Jahren der Sonnendurchmesser grösser sei als in fleckenreichen.

Stellt man die Gleichungen auf

$$\text{Abw. des hor. Durchm.} = x + y \cdot \text{Vgl.-Zahl}$$

und löst dieselben auf, indem man für die Jahre mit Bestimmungen von Greenwich und Washington doppeltes Gewicht (1870 Gew. $1\frac{1}{4}$) annimmt, so erhält man aus der ganzen Reihe

$$x = 0''.00 \quad y = -0''.287 \quad \text{Gew. } 6.20 \quad \text{m. F. } \pm 0''.132$$

Σpff wird durch Einführung von y von 3.82 auf 3.31, m. F. für Gew. 1 von $\pm 0''.345$ auf $\pm 0''.327$ reducirt, wonach der Werth von y etwas mehr als das Doppelte seines m. F. betragen würde

Allein die erreichte Darstellung ist nicht entfernt mit der bei der früheren Annahme von vier für sich bestehenden Gruppen stattfindenden zu vergleichen, da bei dieser Σpff nur 1.93, m. F. für Gew. 1 $\pm 0''.258$ (ohne 1883 sogar nur 1.43 und $\pm 0''.226$) beträgt. Auch wird die hergestellte Verbindung dadurch als eine unnatürliche gekennzeichnet, dass die verschiedenen Abtheilungen der ganzen Reihe einander widersprechende Resultate ergeben; aus den drei Dritteln würde man nämlich erhalten:

	x	y	Gew.	m. F.	Σff
1851—1861	$x = -0''.05$	$y = -0''.077$	Gew. 1.11	m. F. $\pm 0''.311$	
1862—1872	± 0.03	-0.500	» 2.73	0.198	2.89
1873—1883	$+0.11$	$+0.137$	» 1.11	0.310	

Es ist also thatsächlich nur die mittlere Gruppe, welche für einen Zusammenhang der Durchmesser mit dem Fleckenstande spricht, während sie vermittelst der grossen gerade innerhalb ihres Bereichs vorkommenden Coefficienten rechnungsmässig das Gesammtresultat überwiegend beeinflusst.

Noch mehr wird das wirkliche Verhalten der beobachteten Durchmesser und der thatsächliche Mangel an Parallelismus ihrer Schwankungen mit denjenigen des Fleckenstandes durch eine graphische Darstellung (s. Taf. XVI) verdeutlicht. Man kann die beobachteten Werthe der horizontalen Durchmesser, statt sie in die vier innerhalb einer Amplitude von 0."45 schwankenden Gruppenwerthe zusammenzufassen, auch durch eine Curve ausgleichen, welche, von Beginn der Reihe an aufsteigend, ein

Maximum	(+0."16)	1853.8
Minimum	(−0.30)	1862.3
Maximum	(+0.30)	1866.3
Minimum	(−0.34)	1871.5

gibt, von da bis zum Ende der Reihe aber beständig aufsteigt, und $\Sigma pff = 1.51$ übrig lässt — so dass die Darstellung mit derjenigen in vier Gruppen gleichwerthig ist. Curven für die Sonnenflecken, die magnetische Variation und die angenommenen »Vergleichszahlen« geben aber

	Sonnenflecken	Magn. Var.	Vgl.-Zahl
Maximum	1848	1848	
Minimum	1856.1	1857.0	1856.5
Maximum	1860.2	1860.0	1860.1
Minimum	1867.1	1867.2	1867.2
Maximum	1870.7	1871.4	1871.0
Minimum	1878.5	1878.5	1878.5
Maximum	(1883.9)		

Für die beiden ersten Drittel der Reihe findet also eine Coincidenz der Epochen statt, die man allerdings für nahe zu halten geneigt ist, wenn man nur die absoluten Zeitunterschiede betrachtet; indess ergibt sich durchaus das Gegentheil, wenn man diese Unterschiede mit der Dauer einer Periode oder ihrer beiden Zweige vergleicht. Die Zunahme der Vergleichszahlen hat in den beiden ersten Perioden 3.6 bez. 3.8 Jahre gedauert, dagegen die, wie ich nicht zweifelhaft bin nur anscheinende und zufällig correspondirende, Abnahme des horizontalen Durchmessers 8.5 bez. 5.2 Jahre, und die zwischenliegende Abnahme der Vergleichszahlen 7.1 Jahre, die Zunahme des Durchmessers 4.0 Jahre. In der dritten Periode endlich hört auch aller Anschein eines correspondirenden Ganges auf und die beobachteten Durchmesser haben bis zum Ende ohne Anzeichen einer sich vorbereitenden Umkehr, bereits 12 Jahre lang, zugenommen.

Es ist aus der Ansicht der auf Taf. XVI nebeneinander gelegten Curven zu entnehmen, dass man einen etwas bessern Anschluss derselben an einander erzielen kann, wenn man aus den beobachteten

horizontalen Durchmessern noch ein der Zeit proportionales Glied eliminirt. Setzt man

$$\text{Abw. des hor. Dm.} = x + y \cdot \text{Vgl. Zahl} + \frac{z}{10} \cdot (t - 1867.5)$$

so erhält man

$$x = -0''02 \qquad y = -0''269 \quad \text{Gew. } 5.73 \quad \text{m. F.} \pm 0''134$$
$$z = +0.069 \quad \text{»} \ 39.03 \quad \text{»} \ \pm 0.052$$
$$\Sigma pff = 3.12, \ \text{m. F. Gew. } 1 = \pm 0''322.$$

Da die mittlere Schwankung des Fleckenstandes von Maximum zu Minimum, in den »Relativzahlen« ausgedrückt, 100 beträgt, würde der für y gefundene Werth besagen, dass der Sonnendurchmesser zur Zeit des Fleckenmaximums 0''27 kleiner wäre als zur Zeit des Minimums. Hr. Wolf wollte den Unterschied aus Lindenau's Zahlen für die Maskelyne'sche Reihe = −2''14 finden[1], acht Mal so gross als das rechnungsmässige Resultat der neueren Greenwicher und der Washingtoner Beobachtungen des horizontalen Durchmessers.

Hr. Wolf hat, bei seiner eben erwähnten, weiterhin näher zu besprechenden Untersuchung, eine bessere Übereinstimmung zu erzielen geglaubt, wenn er den in einem Jahre beobachteten Durchmesser mit dem Fleckenstand des folgenden Jahres in Beziehung brächte. Im vorliegenden Falle würde durch die Annahme eines solchen Phasenunterschiedes nichts gewonnen werden, das Verhältniss der Zahl der »günstigen« Fälle zu den ungünstigen würde sich sogar verschlechtern (überhaupt wieder 20 − Zeichen des Products Abw. d. Dm. × Vgl. Z. gegen 13 + Zeichen statt 22 gegen 11 ohne Phasenunterschied, aber 15 gegen 9, statt 16 gegen 6 ohne Phasenunterschied, unter den Fällen, wo die Vergleichszahl 0.05 und die Abweichung 0''05 übersteigt). Überhaupt scheint es mir nicht gerechtfertigt, hier einen Phasenunterschied, wie er sonst bei zusammengehörigen Erscheinungen wirklich vorkommt, heranziehen zu wollen, nachdem festgestellt ist, dass zwischen der Sonnenfleckencurve und der Curve der Amplitude der magnetischen Variation kein Phasenunterschied besteht. Es wäre sonst sehr wohl denkbar, dass die Wirkungen einer im Sonnenkörper thätigen Kraft, welche Ausdehnung oder Zusammenziehung seiner Oberfläche zu Wege brächte, sich erst erheblich später in den Fleckenerscheinungen wiederspiegelten, es ist aber schwerlich eine auch nur annähernd vergleichbare Verzögerung in der Beeinflussung des magnetischen Zustandes der Erde durch solche Kräftewirkungen denkbar.

[1] Astr. Mitth. XXXIV, 161. — Nach der älteren Wolf'schen Rechnung über dieselbe Reihe (ebendas. S. 160) sollte der Unterschied gar −4'' betragen.

Taf. XVI enthält auch eine Darstellung der Abweichungen (v') der auf 1867.5 reducirten verticalen Durchmesser von ihrem Mittel. Obwohl diese Abweichungen äusserst klein sind, vermag man dennoch eine sehr regelmässige Curve daraus zu construiren, welche für die beiden ersten Perioden eine auf den ersten Blick recht auffallende, aber aus den oben bei Erörterung der $h'-v'$ angegebenen Ursachen bis zu gewissem Grade nothwendig folgende Übereinstimmung mit der Curve der horizontalen Durchmesser zeigt, ausserdem aber sich, im Gegensatz zu den horizontalen Durchmessern, in der dritten Periode gleichförmig genug fortsetzt. Dieselbe gibt

Max.	1851.5	+0."40	Min.	1860.3	−0."34
	1866.0	+0.05		1872.1	−0.21
	1875.5	+0.14		1883.1	−0.07

und reducirt $\Sigma p v'v'$ auf den Werth 1.29.

Durch Rechnung findet man, wenn

$$v' = x_1 + y_1 \cdot \text{Vgl.-Zahl}$$

gesetzt wird, aus der ganzen Reihe

$x_1 = 0."00$ $y_1 = -0."158$ m.F. $\pm 0."091$ ($\Sigma pff = 1.59$ m.F.G.1 $\pm 0."227$)

und aus den drei Dritteln

	x_1	y_1	m.F.	Σpff
1851—1861	$=+0."04$	$=-0."246$	$\pm 0."228$	
1862—1872	−0.03	−0.132	0.145	1.55
1873—1883	+0.01	−0.098	0.227	

wo sich wieder die schöne Übereinstimmung aller Stücke der Reihe zeigt, aber das Gesammtresultat für y_1 seinen m. F. noch nicht um 0."1 übersteigt und die Einführung dieses Coefficienten überhaupt nur rechnungsmässig eine bessere Ausgleichung ergibt. Ohne dieselbe hat man den m. F. für Gew. 1 kaum grösser $\pm 0."234$ ($\Sigma p v'v' = 1.75$).

Eine Ausgleichung in der Form

$$v' = x_1 + y_1 \cdot \text{Vgl.-Zahl} + z_1 \cdot (t - 1867.5)$$

würde ergeben

$x_1 = +0."01$ $y_1 = -0."170 \pm 0."090$ $z_1 = -0."048 \pm 0."036$

$\Sigma pff = 1.50$, m. F. Gew. 1 $= \pm 0."224$.

Das Mittel der Amplituden für die errechneten Änderungen beider Durchmesser würde, mit Rücksicht auf die m. F., 0."201 werden, d. i. der elfte Theil der oben angeführten Wolf'schen Zahl. —

Das Resultat der bisherigen Untersuchung ist zusammengefasst folgendes.

Die in Greenwich 1851—1883 und Washington 1866—1882 beobachteten horizontalen Sonnendurchmesser zeigen Schwankungen der Jahresmittel, welche eine ganze Amplitude von nahe $^1/_2$ Bogensecunde (bei Zusammenfassung in vier Gruppen) oder bis $^2/_3$" (nach der graphischen Ausgleichung) erreichen. Es genügt zu einer Darstellung der Jahresmittel

innerhalb der Grenzen ihrer Unsicherheit, anzunehmen, dass die Änderungen von Gruppe zu Gruppe sprungweise eingetreten sind; gleicht man dieselben jedoch so aus, dass die Übergänge allmählich stattfinden, so erhalten die ausgeglichenen Werthe für die grössere Hälfte, vielleicht zwei Drittel der Reihe das Ansehen periodischer Schwankungen, sind aber von der Periode der Sonnenflecken ersichtlich unabhängig. Der mittlere Werth des horizontalen Durchmessers ist in der ganzen Reihe entweder ungeändert geblieben, oder es hat eine ganz geringe Zunahme, von noch nicht 0".01 jährlich, stattgefunden. Ganz entgegengesetzt zeigen die beobachteten verticalen Durchmesser eine fortwährende Abnahme von 0".045 jährlich, oder 1".44 von 1851.5 bis 1883.5, während weitere Ungleichheiten in denselben gar nicht nachweisbar sind. —

Es ist nun zu untersuchen, ob dieser Thatbestand durch die beiden vereinigten Beobachtungsreihen übereinstimmend festgestellt wird, oder etwa durch systematische einer derselben allein anhaftende Fehler zu Wege gebracht ist. Ferner muss versucht werden, die kritischen Stücke der zu Grunde gelegten Tafel noch möglichst vermittelst der beiden noch nicht weiter benutzten unabhängigen Beobachtungsreihen zu prüfen.

Wird eine jede Reihe mit ihrem eigenen Mittel (Greenwich hor. 32′ 2".01, vert. 2".72, Washington 2".39[1] und 2".65) verglichen, so bleiben die Abweichungen h_1 und v_1 der folgenden Tafel, und ferner für die Greenwicher Reihe die Abweichungen $v_1' = v_1 + 0''.042\,(t - 1867.5)$.

Tafel T.

Jahr	Greenwich			Jahr	Greenwich			Washington	
	h_1	v_1	v_1'		h_1	v_1	v_1'	h_1	v_1
1851	−0".52	+0".69	+0".02	1866	+0".30	+0".49	+0".45	+0".23	−0".08
1852	+0.30	+1.35	+0.72	1867	−0.16	−0.09	−0.09	+0.59	+0.48
1853	+0.37	+0.81	+0.22	1868	−0.01	−0.16	−0.12	+0.19	+0.38
1854	−0.40	+0.32	−0.23	1869	−0.19	−0.37	−0.29	−0.43	+0.17
1855	+0.25	+1.00	+0.50	1870	−0.24	−0.38	−0.25	−0.48	+0.09
1856	−0.15	+0.41	−0.05	1871	+0.04	−0.25	−0.08	−1.23:	−0.90:
1857	−0.04	+0.19	−0.23	1872	−0.16	−0.21	0.00	−0.59	+0.28
1858	−0.22	+0.39	+0.01	1873	−0.29	−0.46	−0.21	−0.11	+0.17
1859	+0.07	+0.46	+0.12	1874	−0.02	−0.32	−0.03	−0.14	+0.46
1860	−0.19	−0.24	−0.53	1875	−0.32	−0.37	−0.03	−0.04	+0.44
1861	+0.02	+0.14	−0.11	1876	−0.28	−0.38	0.00	+0.13	+0.14
1862	−0.50	+0.24	+0.03	1877	−0.01	−0.40	+0.02	+0.13	−0.17
1863	−0.29	+0.21	+0.04	1878	−0.08	−0.55	−0.09	+0.33	−0.16
1864	+0.35	+0.14	+0.01	1879	−0.04	−0.70	−0.20	+0.29	−0.07
1865	+0.25	+0.1[illegible]	+0.07	1880	+0.32	−0.52	+0.03	+0.03	−0.13
				1881	+0.41	−0.23	+0.36	+0.32	−0.82
				1882	+0.40	−0.47	+0.16	−0.11	−0.96
				1883	+0.92	−0.71	−0.04		

[1] Nicht genau mit dem vorhin abgeleiteten Werth 32′ 2".41 stimmend, weil bei dem Übergang von der Durchgangszeit zum horizontalen Durchmesser für die Reihe der Jahreswerthe der Factor 14.35 statt 14.3 angewandt ist.

Hier ist ersichtlich, dass die zufällige Epoche des Anschlusses der Washingtoner Reihe und eine starke Schwankung in derselben den Anschein einer Periodicität in der mittleren Abtheilung der horizontalen Durchmesser hervorgebracht hat, welcher in der obigen Rechnung über einen Zusammenhang mit den Sonnenflecken rechnungsmässig den Ausschlag gab. Dagegen kommt eine solche Periodicität in der Greenwicher Reihe durchaus nicht zu bestimmter Erscheinung. Vielmehr geben 26 Jahrgänge dieser Reihe, die Jahre 1851—1863 und 1867—1879, die mittlere Abweichung $h_1 = -0''.12$ mit einer Übereinstimmung, mit welcher man in Anbetracht des Umstandes, dass die beiden stärksten Unterschiede auf Beobachtungen nach der alten, nach dem dritten Jahre gewechselten Beobachtungsmethode fallen, zufrieden sein kann. Davon entschieden und unvermittelt abweichend stellen sich zwei kleinere Gruppen: 1864—1866 mit $h_1 = +0''.30$ und 1880—1883 mit $h_1 = +0''.51$; der Anschluss der letzten, wenigstens der Jahre 1881—1883, ist hinsichtlich der persönlichen Gleichungen nur als schwach anzusehen. Die Abweichungen von den drei Mitteln geben $\Sigma ff = 1.46$ (woran die drei ersten Jahre, mit Auge- und Ohr-Beobachtungen allein, mit 0.58 betheiligt sind) oder den m. F. eines Greenwicher Jahresresultats $= \pm 0''.223$.

Taf. XVI zeigt einen Versuch, trotzdem die h_1 durch eine Curve auszugleichen. Man ersieht daraus, dass man lediglich durch den Zwang, die tiefen Puncte von 1862–63 mit den ganz isolirt hoch liegenden von 1864–66 durch einen continuirlichen Zug zu verbinden, auf eine mit einer Amplitude von $^1/_2{''}$ zweimal erscheinende Periode geführt wird, und von 1873 ab wieder auf beständiges Wachsen kommt, ohne dass eine bessere Darstellung der mit der Auflösung in die vier Gruppen thatsächlich erschöpften Reihe erzielt würde.

Die Erklärung des abweichenden Verhaltens der Washingtoner Reihe suche ich in ungenügender Bestimmung, bez. unbestimmt gebliebenen Veränderungen, der persönlichen Gleichungen; die Reihe ist für ihre Bestimmung an mehreren Stellen sehr ungünstig zusammengesetzt, und für die spontane Ausgleichung ihrer zufälligen Fehler gegenüber der Greenwicher Reihe wegen der Minderzahl der in einem jeden Jahre theilnehmenden Beobachter im Nachtheil. Ich komme auf die Frage der persönlichen Gleichungen weiter unten eingehender zurück. Die Änderung des Objectivs scheint keinen Einfluss gehabt zu haben.

Die verticalen Durchmesser erscheinen nunmehr gleichfalls in wesentlich anderm Verhalten. Allerdings gibt die Greenwicher Reihe allein wieder, in der Form $v_1 = x + y \cdot t$ ausgeglichen, nahe denselben Werth einer fortschreitenden jährlichen Änderung, aber die bei den übrig bleibenden Fehlern v'_1 auftretenden Zeichenfolgen zeigen, dass

diese Form zur Darstellung der Reihe nicht geeignet ist. Es sind wieder starke Änderungen in der Washingtoner Reihe, die in diesem Falle bei der Vereinigung mit Greenwich die Fehler einer unnatürlichen Hypothese zufällig derart ausgeglichen haben, dass dieselbe den Beobachtungen zu entsprechen, und die zweite Hälfte der Beobachtungsreihe sich vollkommen der ersten anzuschliessen schien. Jetzt erscheint im Gegentheil für Greenwich eine starke sprungweise Verminderung der beobachteten verticalen Durchmesser von 1866 auf 1867: die 16 vorangehenden Jahre geben $v_1 = +0''.42$ und die 17 folgenden $-0''.39$. Diese Mittelwerthe geben zwar noch keine befriedigende Darstellung, indem Σff viel grösser als bei den h_1 bleibt, für die ganze Reihe 2.71 (m. F. eines Werths $\pm 0''.296$), für die erste Abtheilung 2.24 (wozu die ersten drei Jahre wieder einen unverhältnissmässig grossen Theil 1.09 beitragen) und für die zweite 0.48, und indem in beiden Abtheilungen eine fortschreitende Verminderung merklich bleibt; allein die grosse Fehlerquadratsumme kommt fast zu einer vollen Hälfte von zwei wohl zufällig besonders stark ausschlagenden Werthen 1852 und 1860, nach deren Ausscheidung sie sich auf 1.41 reduciren würde (m. F. $\pm 0''221$), und der verbliebene Gang ist in seinem Betrage so weit verringert und in seiner zeitlichen Ausdehnung so weit beschränkt, dass seine Zurückführung auf zufällige Verschiebungen der persönlichen Gleichungen nicht mehr wie früher ausgeschlossen erscheint.

Eine die Greenwicher Beobachtungen des verticalen Durchmessers erschöpfende Darstellung erhält man, wenn man die beiden grossen Gruppen nochmals theilt und folgende Mittel bildet:

		v_1
1851—1855	5 J.	$+0''.83$
1856—1866	11 »	$+0.23$
1867—1877	11 »	-0.31
1878—1883	6 »	-0.53

womit $\Sigma ff = 1.28$, m. F. eines Jahres $\pm 0''.210$ wird. Die erste dieser vier Gruppen gibt aber allein 0.58, so dass für die folgenden 28 Jahre Σff nur 0.70, m. F. eines Jahres $\pm 0''.167$ beträgt; es scheint nach Allem, dass innerhalb der ersten Jahre nach Aufstellung des Meridiankreises noch Änderungen am Instrument vorgenommen sind, welche auf die Lage des Focus einen Einfluss gehabt haben.[1]

---

[1] Angaben über derartige Eingriffe in das Instrument habe ich in den Greenwich Observations vergeblich gesucht, ja es ist sogar in den Reports von 1852 und 1854 ausdrücklich gesagt, dass seit der Aufstellung, bez. innerhalb der Berichtsperiode keinerlei Änderungen an demselben vorgenommen wären. Es bleibt aber immerhin möglich, und wird durch die Beobachtungsresultate wahrscheinlich gemacht, dass z. B. das Objectiv gelegentlich behufs Reinigung zerlegt, oder die Stellung der Fäden gegen den Focus berichtigt ist, was in der That keine »Änderungen des Instruments« selbst, wohl aber hier wesentliche Änderungen seines Zustandes sein würden.

Bei dieser Zertheilung in vier Gruppen bleibt die Erscheinung natürlich ungeändert, dass der beobachtete Verticaldurchmesser von Gruppe zu Gruppe kleiner geworden ist, aber die Änderung erscheint nunmehr als eine sprungweise, da innerhalb der einzelnen Gruppen von einer fortgesetzten Verkleinerung nichts mehr zu erkennen ist.

In der Washingtoner Reihe zeigen die v_1, wie schon erwähnt, gleichfalls starke Änderungen; es ist auch in dieser Reihe der verticale Durchmesser am Ende kleiner als am Anfang, der Verlauf der Änderung aber ersichtlich von Greenwich gänzlich verschieden, ebenso wie er durchaus nicht mit den Änderungen der h_1 in der Washingtoner Reihe selbst correspondirt. Man hat für die v_1 drei Gruppen zu unterscheiden, zwischen denen die Änderung sprungweise eingetreten ist:

1866—1876	$v_1 = +0\overset{''}{.}22$
1877—1880	-0.13
1881—1883	-0.87

An den Stellen, wo hier die Sprünge vorkommen, zeigen die Greenwicher v_1, und umgekehrt an den Stellen der Greenwicher Sprünge die Washingtoner v_1 völlige Constanz, ja sogar, wenn man sich auf Vergleichung der einander zunächst liegenden Jahrgänge beschränkt, kleine Änderungen in entgegengesetzter Richtung, so dass es nicht zweifelhaft bleibt, dass die Ursachen der Änderungen in den besonderen Verhältnissen der Beobachtungen, und nicht etwa in Änderungen des Sonnendurchmessers selbst zu suchen sind. Für die Washingtoner Beobachtungen wiesen schon die obigen Rechnungen über die persönlichen Gleichungen deutlich genug auf die wahre Ursache hin; der letzte Sprung wird wohl mit der Vergrösserung des Abstandes der Horizontalfäden direct in Verbindung zu bringen sein. —

Zum Anschluss der Oxforder Reihe habe ich Jahrgang für Jahrgang der Resultate für jeden Beobachter mit dem nämlichen Greenwicher Jahrgang verglichen und unter Annahme geschätzter Gewichte — für die Reihen mit durchweg geringer Anzahl der Oxforder Beobachtungen mit Gewichten proportional dieser Anzahl — folgende Mittel der Differenzen Greenwich — Oxford erhalten:[1]

[1] Vier der Oxforder Beobachter kommen auch in der Greenwicher Reihe vor. Es ist von Interesse zu constatiren, dass dieselben sämmtlich den Durchmesser mit dem schwächern Instrument grösser beobachtet haben, indem sich durch Vergleichung mit den früher angegebenen persönlichen Gleichungen die Differenzen ergeben:

	Oxford — Greenwich hor.	vert.
Main	$+3\overset{''}{.}44$	$+2\overset{''}{.}89$
Keating	$+2.82$ (I)	$+1.34$
Robinson	$+3.02$	$+0.86$
Wickham	$+0.30$	$+1.69$

Quirling	1862—66	hor.	+0″07	342 B.	vert.	+0″37	519 B.
	1867—69	»	−1.39	181 »			
Lucas	1862—64	»	+4.06	62 »	»	+0.40	65 »
Main	1865—72	»	−3.28	45 »	»	−2.53	45 »
Keating	1870—72	»	−4.44	163 »	»	−2.07	428 »
	1873—76	»	−5.86	236 »			
F. Bellamy	1873—83	»	+0.44	113 »	»	−0.72	117 »
Robinson	1880—83	»	+1.72	56 »	»	−1.29	63 »
Wickham	1880—83	»	+1.39	39 »	»	−1.69	41 »

Nach Anbringung dieser Reductionen ergibt sich aus den Oxforder Beobachtungen, von welchen diejenigen von Béchaux, Bowden und H. Bellamy (167 hor., 155 vert.) hier ausfallen müssen, die folgende Reihe von Durchmessern:

	hor.	Beob.	Abw.	vert	Beob.	Abw.
1862	32′ 1″80	33	−0″21	32′ 1″92	36	−0″66
1863	1.54	72	−0.47	2.91	72	+0.33
1864	2.84	114	+0.83	3.01	114	+0.43
1865	2.07	108	+0.06	3.60	104	+1.02
1866	1.86	86	−0.15	2.88	88	+0.30
1867	2.03	79	+0.02	2.66	83	+0.08
1868	2.03	108	+0.02	2.89	101	+0.31
1869	2.12	8	+0.11:	2.01	7	−0.57:
1870	1.80	32	−0.21	3.37	33	+0.79
1871	1.85	82	−0.16	1.73	82	−0.85
1872	2.22	71	+0.21	2.17	75	−0.41
1873	2.51	81	+0.50	2.98	85	+0.40
1874	1.87	87	−0.14	2.30	102	−0.28
1875	1.56	72	−0.45	2.67	82	+0.09
1876	1.35	100	−0.66	1.95	102	−0.63
1880	5.74	2	+3.73::	1.54	4	−1.04:
1881	2.04	30	+0.03	2.34	36	−0.24
1882	2.13	26	+0.12	2.23	26	−0.35
1883	2.90	46	+0.89	2.01	46	−0.57

(Tafel U)

Ich habe hieraus die Mittel 32′ 2″01 (1237 B.) und 32′ 2″58 (1278 B.) erhalten, indem ich den 5 Jahrgängen mit 26 bis 46 Beobachtungen Gew. 1, den 12 mit 71 bis 115 Beobachtungen Gew. 2 gegeben, und entsprechend verringerte Gewichte für 1869 und 1880 angenommen habe. Der allgemeine Gang der hiermit übrig bleibenden in der Tafel aufgeführten Abweichungen muss natürlich wieder den Gang der Greenwicher Reihe geben, eine Prüfung der letzteren findet wesentlich nur je innerhalb der durch Abtheilung oben ersichtlich gemachten Gruppen statt, da die zwischen denselben durch Main und F. Bellamy hergestellten Verbindungen viel zu schwach sind.

Für die Neuchâteler horizontalen Durchmesser finde ich die Reduction auf Greenwich für

Die beiden Reihen enthalten ausserdem noch den Namen A. Bowden gemeinschaftlich, jedoch Greenwich 1855—57, Oxford erst 1880, so dass die Identität der Person fraglich und jedenfalls die Vergleichbarkeit der Beobachtungen, die sich übrigens ebenso unterscheiden, ausgeschlossen ist.

Hirsch	1862—64, 74	−1″43
Schmidt	1864—71	−0.31
Becker	1871—74	−0.93
Franz	1874—77	−1.29
Grützmacher	1877—80	−1.83
Legrand-Roy	1880—81	−0.82
Hilfiker	1881—83	−1.11

und mit Anwendung dieser Zahlen die folgende Reihe der auf Greenwich reducirten Durchmesser:

Tafel V.

	32′	Abw.	Beob.	von	corr.	Abw.		32′	Abw.	Beob.	von	corr.	Abw.
1862	0″91	−1″16	41	H.		−1″19	1873	2″28	+0″21	156	B.	1″82	−0″28
1863	1.89	−0.18	134	»		−0.21	1874	2.88	+0.81	174	» H. F.	2.63	+0.53
1864	2.80	+0.73	132	» u. S.	2″38	+0.28	1875	1.16	−0.91	184	F.		−0.94
1865	2.47	+0.40	164	S.	1.63	−0.47	1876	1.82	−0.25	160	»		−0.28
1866	2.89	+0.82	173	»	2.37	+0.27	1877	2.25	+0.18	148	» u. G.		+0.15
1867	2.23	+0.16	174	»	2.05	−0.05	1878	1.61	−0.46	167	G.		−0.49
1868	2.14	+0.07	104	»	2.28	+0.18	1879	2.36	+0.29	175	»		+0.26
1869	1.66	−0.41	194	»	2.14	+0.04	1880	2.54	+0.47	184	» u. L.		+0.44
1870	0.85	−1.22	164	»	2.31	+0.21	1881	2.55	+0.48	181	L. u. Hf.		+0.45
1871	0.97	−1.10	175	» u. B.	2.10	0.00	1882	2.72	+0.65	130	Hf.		+0.62
1872	1.44	−0.63	168	B.	1.68	−0.42	1883	2.45	+0.38	158	»		+0.35

Das Mittel, mit Gew. $^1/_2$ für 1862, ist 32′ 2″07 (3440 B.).

Es ist aber nicht zu bezweifeln, dass die persönlichen Gleichungen mindestens eines oder zweier Beobachter veränderlich gewesen sind. Es sind nämlich die Differenzen Greenwich — Neuchâtel für:

Schmidt

			red.	Abw.
1864	−1″86	G. 1	−0″79	−0″46
1865	−0.52	» 3	+0.30	+0.63
1866	−0.88	» 3	−0.38	−0.05
1867	−0.68	» 3	−0.52	−0.19
1868	−0.42	» 2	−0.58	−0.25
1869	−0.12	» 3	−0.62	−0.29
1870	+0.63	» 3	−0.19	+0.14
1871	+1.60	» 1	+0.53	+0.86

Becker

1871	−0″32	G. 2
1872	−0.49	» 3
1873	−1.48	» 3
1874	−1.84	» 1
red.	−1″19	Abw. −0″15
	−0.84	+0.20
	−1.13	−0.09
	−1.04	0.00

Wenn die Greenwicher Resultate von 1864—1871 homogen sind, muss nothwendig angenommen werden, dass Schmidt den Durchmesser allmählich kleiner beobachtet hat; seine Reduction auf Greenwich ergibt sich in der Voraussetzung einer gleichförmigen Abnahme der Schätzung $= -0''33 + 0''33\,(t - 1868.0)$. Bei Becker ist eine allmähliche Vergrösserung der Schätzung nicht so unzweifelhaft, weil die Reihe kürzer ist, jedoch wegen der Sicherheit des Beobachters und der Grösse des Ganges mit überwiegender Wahrscheinlichkeit anzunehmen. Als Reductionsformel findet sich dann $-1''04 - 0''69\,(t - 1873.0)$. Mit diesen Formeln ergeben sich 1864—1874 die in der vorstehenden Tafel der reducirten Neuchâteler Resultate unter der Überschrift »corr.« aufgeführten Jahresmittel und dann die zuletzt stehenden Abweichungen vom neuen allgemeinen Mittel 32′ 2″10, deren durchschnittlicher Betrag 0″33 ist.

Auch die Neuchâteler Reihe gestattet wegen der ausgeführten, nothwendigen aber nicht unabhängig zu beschaffenden Reductionen nur eine Prüfung der Greenwicher Reihe innerhalb einzelner Gruppen. Eine Überbrückung der Sprünge durch Bestimmung der persönlichen Gleichungen zwischen den Neuchâteler Beobachtern aus den Beobachtungen derselben Jahre würde, auch abgesehen von der nur genähert erfolgten Ermittelung der Einzelresultate für diese Jahre, ganz illusorisch bleiben. —

Für die auffälligsten Ungleichheiten der Greenwicher Reihe gibt nun die Vergleichung mit den übrigen Reihen, und die Vergleichung der horizontalen und verticalen Durchmesser der Greenwicher Reihe selbst, Folgendes.

Starkes Auf- und Ab-Schwanken der beobachteten horizontalen Durchmesser 1851—1856: gut bestätigt durch die gleichzeitigen Unterschiede der beobachteten verticalen Durchmesser; wahrscheinlich Änderungen am Instrument.

Schnelles Anwachsen der horizontalen Durchmesser von 1862–3 ($h_1 = -0''.39$) auf 1864, Erhaltung des grossen Werths ($+0''.30$) bis 1866, darauf starkes Zurückgehen. auf einen von 1867—1879 nicht merklich veränderlichen Werth ($-0''.14$). Von dem Anwachsen am Anfang dieses Zeitraums ist in den verticalen Durchmessern nichts zu ersehen, während die Verminderung von 1866 auf 1867 in denselben noch schärfer hervortritt. Oxford und Neuchâtel geben dagegen das Anwachsen bis 1864 in den horizontalen Durchmessern beide übereinstimmend mit Greenwich, darauf aber beide abweichend sofort einen Rückgang, und an Stelle des Greenwicher Sprungs 1867.0 vollkommene Constanz, wenn man für Quirling's Gleichung, wie im Vorstehenden geschehen, zwei Perioden unterscheidet; wollte man diess nicht thun, so würden die Oxforder horizontalen Durchmesser einen ungeheuern Sprung genau an derselben Stelle wie die Greenwicher, aber nach der entgegengesetzten Seite ergeben. Die Oxforder verticalen Durchmesser wachsen von 1862 bis 1865 allmählich, und gehen bereits 1866, ein Jahr vor Greenwich, mit einem Sprung zurück.

Plötzliches Wachsen des horizontalen Durchmessers 1880.0 (auf $+0''.38$, also um $0''.5$ verglichen mit dem Mittelwerth der Periode 1867—1879) und nochmaliges Wachsen um $0''.5$ von 1882 auf 1883. Von beiden Änderungen keine Spur in den verticalen Durchmessern derselben Reihe, und von dem ersten Sprung keine Spur in den Washingtoner und Neuchâteler Durchmessern. Den zweiten Sprung macht Oxford in den horizontalen Durchmessern voll mit, während seine verticalen Durchmesser und übereinstimmend die sehr zahlreichen

Neuchâteler Beobachtungen eine Änderung von $^1/_4''$ nach der entgegengesetzten Seite geben.

Zu ganz demselben Resultat gelangt man, wenn man die auffälligen Stellen der anderen Reihen durch die sich darbietenden Vergleichungen prüft: zuweilen ergibt sich eine gewisse Übereinstimmung, häufiger entschiedener Widerspruch. Ich greife nur ein Paar Beispiele besonders stark ausschlagender Jahresresultate heraus:

Oxford 1865 v +1."02; Greenwich v nur +0."15; h Greenwich +0."25, Oxford +0."06, Neuchâtel −0."47, also der volle Betrag des Oxforder v ersichtlich Beobachtungsfehler;

Oxford 1871 v −0."85; Washington mit ganz schwacher Begründung, aber auffällig übereinstimmend v −0."90, h −1."23; Greenwich v −0."25; h Greenwich +0."04, Oxford −0."16, Neuchâtel 0."00; also Oxford v und Washington trotz ihrer Übereinstimmung überwiegend wahrscheinlich stark verfehlt;

Neuchâtel 1862 −1."19, schwach begründeter Anfangswerth, und jedenfalls starker Beobachtungsfehler, für die Richtung der Abweichung aber Bestätigung vorhanden durch h Greenwich −0."50, Oxford −0."21; v Oxford −0."66, Greenwich +0."24;

Neuchâtel 1875 −0."94: starker Beobachtungsfehler und höchstens ein geringer Theil der Abweichung bestätigt durch h Greenwich −0."29, Oxford −0."45, Washington 0."00, v Greenwich −0."39, Oxford +0."09, Washington +0."43.

Nach allen Vergleichungen der verschiedenen Reihen unter einander vermag ich in allen innerhalb jeder einzelnen Reihe vorkommenden Schwankungen nichts zu sehen als Beobachtungsfehler: Wirkungen der zufälligen vom Beobachter begangenen Fehler, der unbekannt oder unberücksichtigt gebliebenen Veränderungen im Zustande des Instruments, Veränderlichkeit oder fehlerhafte Ermittelung der persönlichen Gleichung; eine Veränderlichkeit des Sonnendurchmessers selbst anzunehmen gibt das ganze untersuchte Material meines Erachtens keinerlei Anlass.

Ich gebe indess noch die folgende Zusammenstellung der Resultate, welche man durch Vereinigung aller Reihen erhält, nämlich die Mittel der in den einzelnen Jahren für die einzelnen Reihen übrig bleibenden, in Vorstehendem aufgeführten Abweichungen von ihren eigenen Mitteln, für Neuchâtel mit Berücksichtigung der Veränderung der persönlichen Gleichung bei Schmidt und Becker. Diese Mittel reproduciren also für 1851—1865 die Greenwicher, für 1866—1882 das Mittel der Greenwicher und der Washingtoner Reihe, von 1862 ab mit einer durch Oxford und Neuchâtel bewirkten Ausgleichung der durch zufällige Fehler verursachten Abweichungen zwischen den Resultaten nahe bei einander liegenden Jahre.

Tafel W.

Beobachtete Abweichungen des Durchmessers von seinem mittlern Werth, nach sämmtlichen Beobachtungen.

	hor.	Beob.	vert.	Beob.	beide Durchm.	Beob.	angen. rel. Gewichte Gr.	W.	O.	N.
1851	−0″.52	84	+0″.69	104	+0″.08	188				
1852	+0.30	102	+1.35	109	+0.82	211				
1853	+0.37	77	+0.81	82	+0.59	159				
1854	−0.40	90	+0.32	72	−0.04	162				
1855	+0.25	85	+1.00	90	+0.62	175				
1856	−0.15	103	+0.41	105	+0.13	208				
1857	−0.04	113	+0.19	121	+0.07	234				
1858	−0.22	121	+0.39	131	+0.08	252				
1859	+0.07	102	+0.46	123	+0.26	225				
1860	−0.19	67	−0.24	66	−0.21	133				
1861	+0.02	107	+0.14	112	+0.08	219				
1862	−0.60	156	−0.06	122	−0.37	278	1		0.5	0.5
1863	−0.30	309	+0.26	179	−0.09	488	»		2/3	1
1864	+0.49	351	+0.28	226	+0.41	577	»		1	»
1865	−0.05	376	+0.59	220	+0.20	596	»		»	»
1866	+0.17	502	+0.19	341	+0.18	843	»	1.5	»	»
1867	+0.15	453	+0.20	288	+0.18	741	»	»	»	»
1868	+0.10	432	+0.18	329	+0.13	761	»	1	»	»
1869	−0.13	331	−0.22	150	−0.17	481	»	0.5	1/8	»
1870	−0.13	371	−0.01	214	−0.08	585	»	0.6	0.4	»
1871	−0.08	370	−0.57	195	−0.27	565	»	0.1	1	»
1872	−0.24	427	−0.12	259	−0.19	686	»	0.8	0.8	»
1873	−0.07	394	−0.02	246	−0.05	640	»	0.6	»	»
1874	+0.06	426	−0.05	266	+0.01	692	»	1	1	»
1875	−0.44	445	+0.05	273	−0.23	718	»	»	»	»
1876	−0.27	450	−0.29	296	−0.28	746	»	»	»	»
1877	+0.09	275	−0.28	128	−0.06	403	»	»		»
1878	−0.08	303	−0.36	130	−0.19	433	»	»		»
1879	+0.17	305	−0.38	131	−0.05	436	»	»		»
1880	+0.32	347	−0.38	159	+0.05	506	»	0.75	*)	»
1881	+0.34	395	−0.43	226	+0.03	621	»	0.75	0.5	»
1882	+0.28	319	−0.64	193	−0.11	512	»	1	»	»
1883	+0.69	315	−0.66	166	+0.18	481	»		»	»

*) 1/15.

In der Col. »ang. rel. Gew.« sind die Gewichte angegeben, mit welchen für jedes einzelne Jahr die Mittel gebildet sind, Gew. für Greenwich immer = 1 gesetzt; eine beiläufige Vorstellung von den relativen Gewichten verschiedener Jahre geben die beigesetzten Beobachtungszahlen, deren Summe für die beiden Durchmesser 9103 und 5852, zusammen 14955 beträgt; weitere 476 sonst einwandsfreie Beobachtungen (253 hor., 223 vert.) sind hier ausgefallen, weil sich die zugehörige persönliche Gleichung nicht unabhängig bestimmen liess.

Die Tafel enthält zunächst die Mittel der 4 Reihen für den horizontalen und der 3 Reihen für den verticalen Durchmesser. Da, wie ich weiterhin nachweisen werde, zwischen dem aequatorealen und dem polaren Durchmesser der Sonne weder beständige noch vorübergehende, für unsere feinsten Methoden und Instrumente messbare Unterschiede vorhanden sind, und um so weniger die Annahme solcher Unter-

schiede zwischen den im Laufe des Jahres sich über einen Bogen des Sonnenrandes von 52° verschiebenden im Meridian zur Bestimmung gelangenden Durchmessern zugelassen werden kann, müssen die abweichenden Gänge dieser Jahresmittel für die beiden Durchmesser auf Beobachtungsfehler zurückgeführt werden, welche den einzelnen zu Grunde liegenden Reihen anhaften, und ist, so lange nicht die Überlegenheit der einen oder der anderen Reihe anderweitig nachgewiesen wird, als wahrscheinlichstes Resultat des behandelten Materials das in vorstehender Tafel in der Col. »beide Durchm.« angegebene Mittel aller 7 Reihen ohne Unterscheidung der beiden Durchmesser anzusehen.

Wenn man den Unterschied der Greenwicher verticalen Durchmesser vor und nach 1867.0 als reell ansehen wollte, würden die Zahlen der Tafel in Col. »vert.« von 1866—1882 einer kleinen Correction bedürfen, um mit den übrigen homogen zu werden, 1866—1870 und 1872—1882 im Mittel, für die einzelnen Jahre innerhalb ± 0″03 zutreffend, von −0″12, 1871 nur von −0″02. Für die letzte Columne der Mittel aller 7 Reihen würden rechnungsmässig die entsprechenden Correctionen nur 3/7 dieses Betrages werden, aber die Vereinigung beider Durchmesser wäre bei jener Anschauungsweise überhaupt nicht mehr gestattet.

Die als Endresultate abgeleiteten Jahreswerthe sind nun ersichtlich keineswegs constant, zeigen vielmehr eine überwiegend regelmässige Veränderung. Durch eine graphische Ausgleichung ergibt sich

Maximum	1851.8	+ 0″45	Minimum	1862.7	− 0″18
»	1865.2	+ 0.26	»	1874.5	− 0.18

Ob mit dem Werthe + 0″08 für 1883.5 bereits wieder ein Maximum erreicht ist, bleibt einstweilen unbestimmt, jedenfalls ist die Dauer der zweiten Periode mindestens 18 Jahre, während die der ersten nur 13 Jahre, das Intervall zwischen den beiden Minimis 12 Jahre betragen hat. Die den Stand der Sonnenflecken u. s. w. charakterisirenden »Vergleichzahlen« betragen für die beiden Maximalepochen + 0.09 und − 0.03 (1883.5 + 0.10), für die beiden Minimalepochen + 0.06 und − 0.06; jede Möglichkeit, die beobachteten Schwankungen zu dem Fleckenstande in Beziehung zu setzen, bleibt also ausgeschlossen.

Übrigens ist es mir sehr zweifelhaft, ob das Minimum von 1862.1 und das Maximum von 1864.7 als verbürgte Beobachtungsresultate anzusehen sind; vielmehr ist es mir wahrscheinlich, dass das von der Ausgleichungscurve angenommene scharfe Ansteigen der beobachteten Durchmesser von 1862 bis 1865 entweder überhaupt nur eine zufällige Fehlerdifferenz und gar nicht zu beachten ist, oder sprungweise, von 1863 auf 1864 stattgefunden hat. Unter beiden Voraussetzungen erhält man aus der ganzen 33jährigen Reihe nichts als ein einziges Minimum

1872.4, in der ersteren mit einer Andeutung einer 40jährigen oder noch längeren Periode, aber einer Discontinuität an der bezeichneten Stelle (Sprung + 0ʺ7 1864.0), in der zweiten ein fast lineares Absteigen bis 1872 und eben solches, nur etwas langsameres, Ansteigen nachher. Beide Interpretationen, die auf Taf. XVII dargestellt sind, weisen gleichmässig jede Beziehung zu dem Fleckenstande noch entschiedener ab, als die eben zuerst erwähnte graphische Ausgleichung.[1] Andere Ursachen, welche denselben entsprechende Änderungen des Sonnendurchmessers selbst hätten hervorbringen können, sind nicht denkbar. Mag man nun die eine oder die andere jener Interpretationen als das durch die voraufgehende Behandlung aus den Beobachtungen zu ziehende Resultat ansehen, oder auch die weniger einfache Ausgleichungscurve als solches annehmen, immer hat man hiernach die Erklärung der zum Vorschein kommenden Schwankungen lediglich erstens in den Beobachtungen selbst und den ihre Ausführung begleitenden und ihren Ausfall beeinflussenden Umständen, zweitens in Mängeln ihrer hier vorgenommenen Behandlung zu suchen.

Nachdem diess festgestellt ist, lässt sich aber der schwache Punct dieser Behandlung sofort befestigen, indem sich nunmehr für die Bestimmung der persönlichen Gleichungen, welche vorher durch das vollständige Offenlassen der Frage nach der Natur der Abweichungen zwischen den zu verschiedenen Zeiten beobachteten Durchmessern vielfach empfindlich beeinträchtigt wurde, viel günstigere Bedingungen ergeben.

Nimmt man den Sonnendurchmesser für mittlere Entfernung als unveränderlich an, so sind die in Taf. A und B für die Greenwicher Beobachter aufgeführten Werthe — 1851 und 1852 um — 0ˢ128 bez. — 1ʺ84 corrigirt — selbst die Summen ihrer persönlichen und der instrumentellen Fehler mit einer hier zunächst nicht in Betracht kommenden für die ganze Reihe constanten Quantität (am wahrscheinlichsten — 0ˢ314 für die Durchgangszeiten, — 4ʺ52 für die verticalen Durchmesser). Nach den voraufgehenden Untersuchungen darf man wenigstens als sicher annehmen, dass diess für die Mittel langer Reihen sehr angenähert der Fall ist, indem periodische oder unregelmässige Schwankungen sich in solchen bis auf unerhebliche Reste aufheben. Nimmt man daher aus jenen Werthen für die Beobachter mit langen Reihen Mittel nach der Zahl der Beobachtungen, und

[1] Dieselbe ist auf Taf. XVII, um das Bild nicht zu verwirren, nicht mit zur Darstellung gebracht. Die Curve verläuft bis 1861 etwas (bis 0ʺ07) unterhalb der gestrichelten Curve, bis 1860 nahe parallel derselben, von 1865 bis 1884 ganz dicht neben der neu einsetzenden gestrichelten Curve und ihrer voll ausgezogenen Fortsetzung, und verbindet diese beiden Abschnitte durch schnelles Ansteigen von 1863.0 bis 1865.0.

zwar, um zugleich etwaige Gänge zu controliren, zunächst für Gruppen auf einander folgender Jahre, 1851–2 überall mit Anbringung der Reduction $-0^s.128$, so erhält man:

Dunkin	1851—1854 A.O.	$+0^s.035$	60 B.	Ep. 1851.9	f. 1860.5	$-0^s.017$
	1854 reg.—1859	−0.008	129 »	» 1857.2	»	−0.028
	1860—1864	−0.037	55 »	» 1862.5	»	−0.025
	1865—1870	−0.060	73 »	» 1867.6	»	−0.017

Bei der früheren Rechnung wurde ein Sprung von $0^s.05$ oder $0^s.06$ zwischen 1860 und 1861 angenommen; jetzt zeigt sich, dass Dunkin, falls keine fortschreitende Änderung des Sonnendurchmessers stattgefunden hat, seine Auffassung allmählich geändert und die Durchgangszeit der Sonne immer kleiner beobachtet hat. Setzt man die jährliche Änderung $= -0^s.006$, so ergeben sich die in letzter Columne angegebenen Werthe für 1860.5, deren Mittel $-0^s.023$ ist; damit wird die Beobachtungsreihe vollkommen dargestellt, namentlich schliessen sich auch die Auge- und Ohr-Beobachtungen genau an die Registrir-Beobachtungen an.

Ellis	1851—1854 A.O.	$-0^s.077$	30 B.	
	1854 reg.—1858	−0.107	106 »	$-0^s.102$ (411)
	1859—1863	−0.104	104 »	
	1864—1868	−0.090	100 »	
	1869—1875	−0.108	101 »	

Völlig beständige Auffassung in der Reihe der Registrir-Beobachtungen; die Abweichung der Auge- und Ohr-Beobachtungen ist nicht zu verbürgen, da 1851–2 ($-0^s.164$ 9 B.) und 1853–4 ($-0^s.040$ 21 B.) widersprechende Resultate mit nur schwacher Begründung geben. Es kann daher für die ganze Reihe das Mittel aller 441 Beobachtungen $= -0^s.100$ angenommen werden.

Criswick	1854—1859	$-0^s.011$	118 B.	
	1860—1865	−0.015	115 »	
	1866—1870	−0.022	87 »	$-0^s.020$ (479)
	1871—1875	−0.037	77 »	
	1876—1881	−0.019	82 »	

also gleichfalls keine Änderung in der Registrirreihe. Die Auge- und Ohr-Beobachtungen von 1853, nur 5 an der Zahl, geben den Durchmesser $0^s.15$ kleiner und werden besser doch nicht zuzuziehen sein.

J. Carpenter	1856—1861	$-0^s.182$	57 B.	
	1862—1866	−0.184	86 »	$-0^s.180$ (232)
	1867—1872	−0.174	89 »	

völlig unveränderlich.

Lynn	1854—1859	$-0^s.074$	68 B.	
	864—1871	−0.068	49 »	$-0^s.067$ (211)
	1872—1878	−0.061	94	

gleichfalls unveränderlich.

Downing	1873—1876	$-0^s.119$	75 B.	Ep. 1875.0	f. 1878.5	$-0^s.084$	
	1877—1880	−0.098	66 »	1879.1		−0.104	$-0^s.091$ (196)
	1881—1883	−0.045	55 »	1882.5		−0.085	

Mit einer jährlichen Änderung von $+0^s.010$ ergeben sich die auf

1878.5 reducirten Werthe wie zuletzt angegeben, oder für die einzelnen Beobachtungsjahre

1873	−0.ˢ115	23	1877	−0.ˢ094	15	1881	−0.ˢ099	22
1874	−0.024	17	1878	−0.121	15	1882	−0.056	13
1875	−0.085	21	1879	−0.108	12	1883	−0.088	20
1876	−0.095	15	1880	−0.099	24			

so dass die Annahme einer rapiden und gleichförmig fortschreitenden Änderung die Reihe, bis auf zwei unter allen Annahmen stark ausschlagende Jahre, gut darstellt, wozu ein constanter Mittelwerth (−0.ˢ091) durchaus nicht hinreicht.

Thackeray	1875—1876	−0.ˢ095	33 B.	
	1877—1880	−0.017	52 „	−0.ˢ018 (110)
	1881—1883	−0.018	58 „	

Von 1877 ab keine Änderung, dagegen scheint sich die Auffassung des Beobachters im Laufe der beiden ersten Jahre verändert zu haben, da das Gesammtmittel −0.ˢ036 (143) zur Darstellung nicht genügt.

Die Erscheinung, dass neu eintretende Beobachter die Durchgangszeit anfänglich kleiner und bei fortschreitender Consolidirung ihrer Auffassung beständig — wie Downing — oder einen beschränkten Zeitraum hindurch — wie Thackeray — allmählich grösser beobachtet haben, zeigt sich auch sonst ziemlich häufig. Sehr stark ist sie bei Lewis, Hollis und Cox angedeutet, wo aber die Kürze der vorliegenden Reihen, im letzten Falle auch noch die geringe Zahl der Beobachtungen noch keinen sichern Schluss auf das Fortschreiten gestattet, recht deutlich auch bei Stone und H. Pead und weniger sicher noch bei mehreren anderen Beobachtern, während für eine Änderung der Auffassung in entgegengesetztem Sinne im Beginn einer Beobachtungsreihe kaum eine schwache Andeutung in einem oder dem andern Falle ersichtlich ist; Dunkin ist hier nicht gegenüberzustellen, weil er bereits vor 1851 lange beobachtet hatte, und H. Breen nicht, weil die Änderung bei ihm ersichtlich mit dem Wechsel der Beobachtungsmethode zusammenhängt.

Man erhält für H. Breen die Mittel +0.ˢ149 (26) für 1851—55 und −0.ˢ109 (11) für 1856—57. Bei Henry stimmen die Beobachtungen beider Arten vollkommen überein, indem man die Mittel −0.ˢ026 (55 A.O.) und −0.ˢ036 (16 reg.), zusammen −0.ˢ028 erhält. Für Stone muss man sich auf 2 Mittel beschränken: 1860—63 −0.ˢ216 (28) und 1864—69 −0.ˢ040 (25), ebenso für H. Pead auf die beiden Mittel 1876—80 −0.ˢ116 (35) und 1881—83 −0.ˢ068 (14).

Die entsprechenden Mittel habe ich nun auch für die übrigen Beobachter gebildet. Für einen jeden derselben, ausser die vorhin genannten Lewis, Hollis und Cox, ist es ausreichend, fast in allen Fällen wegen der Spärlichkeit des Materials überhaupt nur möglich, ein einziges Mittel zu bilden.

Zieht man schliesslich, um mit den früheren direct vergleichbare Zahlen zu erhalten, überall -0^s081 als das Mittel der für Ellis, Criswick, J. Carpenter und die Mitte der Dunkin'schen Reihe gefundenen Werthe ab, so erhält man folgende Zahlen, welche die persönlichen Gleichungen der einzelnen Beobachter gegen das Mittel der vier Hauptbeobachter unter der Voraussetzung sind, dass innerhalb jeder einzelnen Reihe der mittlere Sonnendurchmesser — reell bez. instrumentell — im Durchschnitt dieselbe Grösse gehabt hat, wie im Durchschnitt der Jahre 1851—1881.[1]

Zweites System der persönlichen Gleichungen der Greenwicher Beobachter in den Durchgangsdauern.

(Tafel E_1')

Dunkin	$+0^s058 - 0^s006\,(t - 1860.5)$
Downing	$-0.010 + 0.010\,(t - 1878.5)$
Thackeray	1875—76 −0.014, 1877—83 $+0^s063$
H. Breen	1851—55 +0.230, 1856—57 −0.028
Stone	1860—63 −0.135, 1864—69 +0.041
H. Pead	1876—80 −0.035, 1881—83 +0.013

W. Ellis	-0^s019	M. Dolman	-0^s122	Graham	-0^s120
Criswick	+0.061	Davis	−0.125	Wickham	−0.154
J. Carpenter	−0.099	Kerschner	+0.083	Maunder	−0.112
Lynn	+0.014	Nash	−0.046	Laird	−0.024
Henry	+0.053	Roberts	−0.039	Pulley	−0.096
Th. Ellis	+0.104	Chapell	−0.049	Pett	−0.001
Rogerson	−0.034	J. Plummer	−0.137	Baker	−0.142
J. Breen	+0.092	Wright	−0.071	Dennison	−0.131
Main	−0.070	W. Plummer	−0.109	Power	−0.044
Henderson	+0.056	H. Carpenter	−0.118	Bromley	−0.102
Ch. Todd	−0.065	Keating	+0.076	Robinson	+0.056
Lajugie	−0.074	Potts	−0.108	Pearce	−0.022
Bowden	−0.086	Christie	−0.094	James	−0.129
H. Taylor	−0.171	Jenkins	−0.083	Plucknett	−0.038
H. Todd	−0.346	Goldney	−0.012	A. Pead	−0.092
Wakelin	−0.109	Harding	−0.114	Bennett	−0.118

Für die verticalen Durchmesser erhält man folgende Mittelwerthe Beob. — N. A., 1851 und 1852 mit der Reduction $-1''84$:

Dunkin	1851—1855	$-1''03$	105	B. Ep.	1853.3	f. 1860.5	$-1''63$
	1856—1860	−1.95	112	»	1858.4	»	−2.12
	1861—1865	−2.24	73	»	1863.7	»	−1.97
	1866—1870	−2.40	68	»	1868.0	»	−1.78

oder $-1''88 - 0''083\,(t - 1860.5)$, also nunmehr genau die gleiche allmähliche Abnahme wie in Dunkin's horizontalen Durchmessern.

---

[1] Für diese Voraussetzung ist bei dem hier erreichten Stande der Untersuchung nur ein Zutreffen in Anspruch zu nehmen, welches im einzelnen Fall um so vollständiger ist, je länger die Dauer der Reihe gewesen ist, für manche Beobachter, die nur kurze Reihen geliefert haben, also hier noch nicht mit Sicherheit als ein sehr angenähertes bezeichnet werden kann. Indess ist auch in diesen Fällen der hier noch als möglich anzusehende Betrag der Abweichung geringfügig gegenüber der anderweitigen gleichfalls in diesen Fällen anwachsenden Unsicherheit der persönlichen Gleichung. Weiterhin aber bestätigt sich die Voraussetzung vollständig, die hier in Tafel E_1' und weiterhin in der Tafel E_2' aufgeführten Gleichungen sind also thatsächlich die definitiven wahrscheinlichsten Werthe.

Ellis	1851—1855	−0″64	61 B.	Ep. 1854.3	f. 1861.5	+0″08
	1856—1860	−0.42	127 »	1858.4	»	−0.11
	1861—1865	+0.31	107 »	1863.7	»	+0.09
	1866—1870	+0.55	96 »	1868.6	»	+0.04
	1871—1875	−0.35	69 »	1873.0		

Die ersten 20 Jahrgänge kommen in vortreffliche Übereinstimmung in der Annahme einer jährlichen Zunahme von 0″10 (Mittel 1861.5 = +0″01), 1871 aber ist eine plötzliche Verkleinerung um mehr als 1″ erfolgt — während von beiden Änderungen in den horizontalen Durchmessern dieses Beobachters nichts zu bemerken war.

Criswick	1851—1856	−0″40	49 B.	Ep. 1855.6	f_1 +0″43	f_2 +0″13
	1857—1861	−1.36	117	1859.4	−0.31	−0.33
	1862—1866	−1.31	105	1864.4	+0.03	+0.22
	1867—1871	−1.76	89	1869.5	−0.12	+0.10
	1872—1876	−1.94	75	1874.4	−0.02	+0.05
	1877—1881	−1.93	62	1879.7	+0.41	−0.04

Starke Abnahme, die aber nicht gleichförmig vor sich gegangen ist, da eine Formel $-1''52 - 0''058\,(t - 1867.5)$ die nicht wohl annehmbaren Fehler f_1 übrig lassen würde. Eine Formel $-1''75 - 0''060\,(t-1867.5) + 0''0036\,(t-1867.5)^2$ gibt die Fehler f_2, welche mit den in den anderen langen Reihen übrig bleibenden ungefähr gleichartig sind.

J. Carpenter	1856—1860	−1″65	51 B.	Ep. 1858.5	f. 1865.5	−2″79
	1861—1864	−2.88	64 »	» 1863.3	»	−3.24
	1865—1868	−3.23	68 »	» 1866.9	»	−3.00
	1869—1872	−3.91	63 »	» 1870.9	»	−3.03

Fortdauernde rapide Abnahme (0″163 jährlich).

Lynn	1854—1861	+0″73	69 B.	
	1864—1868	+1.94	13 »	}
	1870—1873	+1.77	90 »	} +1″72 (157)
	1874—1877	+1.58	54 »	}

Der Beobachter hat zwischen Ende 1858 und Anfang 1870 nur selten, in vier Jahren gar nicht beobachtet. Während dieser Unterbrechung der Reihe hat eine Änderung von +1″ stattgefunden; ob der kleine nachher angedeutete Rückgang reell ist, erlaubt die geringe Zahl der Beobachtungen nicht zu beurtheilen. Die beiden Mittel für 1854—61 und 1864—77 genügen zur Darstellung.

Downing	1873—1875	−0″48	61 B.	
	1876—1879	−2.26	61 »	}
	1880—1883	−2.11	84 »	} −2″17 (145)

Entweder sind zwei Gruppen wie vorstehend zu unterscheiden, oder es hat eine allmähliche schnelle Abnahme, entgegengesetzt der rapiden Zunahme der Downing'schen horizontalen Durchmesser, während der ersten vier oder fünf Jahre stattgefunden und ist dann die Auffassung fest geworden.

Thackeray	1875—1878	−0″21	51 B.
	1879—1883	−1.37	90 »

Augenscheinlicher Sprung, wieder im Gegensatz zu der Änderung in der Auffassung des horizontalen Durchmessers.

Bei Lewis, Hollis und Cox sind wieder, wie in den horizontalen Durchmessern, starke Änderungen angedeutet — in den beiden ersten Fällen in entgegengesetzter Richtung, im letzten in gleicher Richtung wie dort — ohne noch näher controlirt werden zu können. Sonst scheint noch eine Abnahme vorgekommen zu sein bei H. Carpenter, für welchen der Mittelwerth −1″74 aus den vorhandenen 56 Beobachtungen der 8 Jahre nicht ausreichend, vielmehr noch das Zusatzglied −0″33 (t − 1869.5) erforderlich scheint, und vielleicht, in Übereinstimmung mit den horizontalen Durchmessern, eine Zunahme bei H. Pead, für welchen die beiden Mittel

1876—1880 −1″25 36 B.
1881—1883 −0.01 13 »

sich stark unterscheiden; in Anbetracht der ganz geringen Anzahl der Beobachtungen in der zweiten Gruppe kann aber noch das Mittel −0″92 als ausreichend angesehen werden.

Für alle anderen Beobachter muss man sich auf Ableitung einer constanten Gleichung beschränken.

Nimmt man als mittlere Werthe Beob. − N.A. für die vier Hauptbeobachter: D. −1″88, E. −0″06, Cr. −1″74, H. −3″03, und zieht demnach zur Reduction auf ihr Mittel überall −1″68 ab, so erhält man für die persönlichen Gleichungen in den verticalen Durchmessern folgende Werthe.

Zweites System der persönlichen Gleichungen der Greenwicher Beobachter für den verticalen Durchmesser.

(Tafel E₂)

Dunkin −0″20 −0″083 (t − 1860.5)
W. Ellis 1851—70 +1″69 +0″100 (t − 1861.5); 1871—75 +1″33
Criswick −0″06 −0″060 (t − 1867.5) +0″0036 (t − 1867.5)^2
J. Carpenter −1″35 −0″163 (t − 1865.5)
H. Carpenter −0.06 −0.33 (t − 1869.5)
Lynn 1854—61 +2″41, 1864—77 +3″40
Downing 1873—75 +1.20, 1876—83 −0.49
Thackeray 1875—78 +1.47, 1879—83 +0.31

H. Breen	+1″16	Nash	+0″90	Maunder	+1″06
Henry	+1.24	Stone	+1.87	Laird	+1.32
Th. Ellis	+0.63	Roberts	+1.32	Pulley	+0.34
Rogerson	−0.18	Chapell	+0.85	Pett	+1.25
J. Breen	+2.78	J. Plummer	+0.39	Baker	+0.65
Main	+1.26	Wright	+0.76	H. Pead	+0.76
Henderson	+1.13	W. Plummer	−0.64	Dennison	−0.05
Lajugie	−0.10	Keating	+1.30	Power	+1.58
Bowden	+0.30	Potts	+0.40	Bromley	+0.78
H. Taylor	−1.28	Christie	−0.26	Robinson	+0.66
H. Todd	−1.58	Jenkins	−0.29	Pearce	+1.58
Wakelin	−1.47	Goldney	+2.68	James	+1.89
M. Dolman	+0.30	Harding	+0.80	Plucknett	+1.08
Talmage	+0.73	Graham	+1.40	A. Pead	+0.35
Davis	−0.24	Wickham	+0.19	Bennett	+0.14
Kerschner	+0.48				

Werden nun diese Gleichungen abgezogen und dann nach der Zahl der Beobachtungen Jahresmittel gebildet, zunächst für die »regular

observers« (Dunkin, W. Ellis, Criswick, J. Carpenter, Lynn, Downing, Thackeray, Th. Ellis, Henry, Rogerson, H. Breen) und die »occasional observers« gesondert und dann für alle Beobachter zusammen, so ergibt sich die Correction des N.A., 1851–2 mit der Reduction auf den später der Rechnung zu Grunde gelegten Werth des mittleren Durchmessers, wie folgt.

Tafel C′, D′.

	Correction der Durchgangszeit				Correction des verticalen Durchmessers				Mittel der Abw. beider Dm.
	regelm. Beob.	gel. Beob.	alle Beob.	hor. Dm. Abw.	regelm. Beob.	gel. Beob.	alle Beob.	Abw.	
1851	−0^{s}.123* 57	−0^{s}.097* 7	−0^{s}.120* 64	−0″.56	−1″.84* 73	−1″.57* 8	−1″.81* 81	−0″.12	−0″.34
1852	−0.070* 76	−0.062* 26	−0.068* 102	+0.19	−1.16* 88	−1.23* 21	−1.18* 109	+0.51	+0.35
1853	−0.031 53	−0.110 19	−0.052 72	+0.42	−1.54 64	−1.92 18	−1.63 82	+0.06	+0.24
1854	−0.115 68	−0.056 6	−0.110 74	−0.42	−1.82 67	−2.91 5	−1.89 72	−0.20	−0.31
1855	−0.058 60	−0.059 12	−0.058 72	+0.33	−1.38 65	−1.44 12	−1.39 77	+0.30	+0.31
1856	−0.091 70	−0.097 21	−0.092 91	−0.10	−1.82 81	−2.21 24	−1.91 105	−0.22	−0.19
1857	−0.077 107	−0.093 6	−0.078 113	+0.04	−2.00 116	−1.22 5	−1.97 121	−0.28	−0.12
1858	−0.090 114	−0.085 7	−0.089 121	−0.12	−1.76 122	−1.67 9	−1.75 131	−0.06	−0.09
1859	−0.069 97	−0.069 5	−0.069 102	+0.17	−1.64 111	−1.49 6	−1.63 117	+0.06	+0.12
1860	−0.091 50	−0.067 17	−0.085 67	−0.06	−2.12 55	−1.67 11	−2.04 66	−0.35	−0.20
1861	−0.053 56	−0.087 51	−0.069 107	+0.17	−1.58 61	−1.88 51	−1.72 112	−0.03	+0.07
1862	−0.102 46	−0.101 36	−0.099 82	−0.26	−1.55 51	−2.09 35	−1.77 86	−0.08	−0.17
1863	−0.102 79	−0.070 24	−0.094 103	−0.19	−1.85 84	−1.59 23	−1.80 107	−0.11	−0.15
1864	−0.063 83	−0.079 14	−0.065 97	+0.23	−1.62 88	−1.54 16	−1.61 104	+0.08	+0.15
1865	−0.070 81	−0.074 23	−0.071 104	+0.14	−1.53 93	−1.52 23	−1.53 116	+0.16	+0.15
1866	−0.058 67	−0.073 28	−0.062 95	+0.27	−1.39 70	−0.85 30	−1.23 100	+0.46	+0.36
1867	−0.096 54	−0.077 19	−0.091 73	−0.14	−1.78 61	−1.58 20	−1.73 81	−0.04	−0.09
1868	−0.077 82	−0.078 29	−0.077 111	+0.06	−1.54 88	−2.18 37	−1.73 125	−0.04	+0.01
1869	−0.087 57	−0.099 22	−0.090 79	−0.13	−2.00 62	−1.66 31	−1.89 93	−0.20	−0.17
1870	−0.094 76	−0.089 23	−0.093 99	−0.17	−1.80 86	−1.80 24	−1.80 110	−0.11	−0.14
1871	−0.074 66	−0.068 36	−0.072 102	+0.13	−1.50 70	−1.62 33	−1.54 103	+0.15	+0.14
1872	−0.089 74	−0.079 33	−0.086 107	−0.07	−1.47 76	−1.38 33	−1.45 109	+0.24	+0.08
1873	−0.088 76	−0.089 26	−0.088 102	−0.10	−1.69 77	−2.09 29	−1.80 106	−0.11	−0.10
1874	−0.065 66	−0.125 13	−0.075 79	+0.09	−1.69 68	−1.54 12	−1.67 80	+0.02	+0.06
1875	−0.080 56	−0.093 40	−0.086 96	−0.07	−1.92 57	−1.54 44	−1.75 101	−0.06	−0.07
1876	−0.088 64	−0.068 33	−0.081 97	0.00	−1.85 62	−1.71 31	−1.80 93	−0.11	−0.05
1877	−0.085 47	−0.079 28	−0.083 75	−0.03	−1.76 42	−1.93 26	−1.83 68	−0.14	−0.08
1878	−0.103 40	−0.076 37	−0.090 77	−0.13	−1.83 35	−1.90 37	−1.86 72	−0.17	−0.15
1879	−0.103 33	−0.082 26	−0.094 59	−0.19	−1.89 34	−1.82 28	−1.86 62	−0.17	−0.18
1880	−0.065 59	−0.091 40	−0.075 99	+0.09	−1.54 59	−1.82 43	−1.66 102	+0.03	+0.06
1881	−0.070 53	−0.064 27	−0.068 80	+0.19	−1.72 56	−1.12 27	−1.52 83	+0.17	+0.18
1882	−0.079 32	−0.078 12	−0.079 44	+0.03	−1.12 35	−1.76 13	−1.30 48	+0.39	+0.21
1883	−0.072 43	−0.072 21	−0.072 64	+0.13	−1.88 45	−1.37 23	−1.71 68	−0.02	+0.06

Die Beobachtungszahlen stimmen nicht überall mit denen der früheren Tafel für Greenwich überein, weil einige Werthe, die fast ganz durch die Bestimmung der persönlichen Gleichung erschöpft werden, hier fortgelassen, und ferner die Beobachtungen von Lewis, Hollis und Cox wegen der vorhin angegebenen Umstände nicht mitbenutzt sind.

Das Mittel aus den 33 Jahreswerthen der Correction ist −0^{s}.0812 bez. −1″.690. Die Col. »Abw.« der vorstehenden Tafel enthalten die Abweichungen von dem erstern Werthe in solche des beobachteten

horizontalen Durchmessers umgesetzt, und die Abweichungen von dem letztern Werthe unmittelbar. Der Durchschnittsbetrag einer Jahresabweichung ist 0″164 bez. 0″159 (für die Mittel der beiden Durchmesser nicht merklich kleiner, 0″156), während derselbe früher für den horizontalen Durchmesser — für die S. 1099 zusammengestellten h_1 — 0″246 war und für die verticalen erst durch Anbringung des Zeitgliedes (Reihe v_1' S. 1099) auf 0″162 heruntergebracht würde. Dass dieses widernatürliche Zeitglied hier beseitigt wird, ist in der jetzt der Bestimmung der persönlichen Gleichungen zu Grunde gelegten Annahme der Freiheit des Durchmessers von fortschreitenden Änderungen bereits eingeschlossen; jedoch geben die Beobachtungen auch einen gewichtigen unabhängigen Beweis für die Nothwendigkeit seiner Beseitigung, oder vielmehr seiner Übertragung auf die persönlichen Gleichungen der langjährigen Beobachter.

Es ist anzunehmen, dass das Mittel der persönlichen Gleichungen einer grossen Anzahl von Beobachtern sich einer Constante nähert. Nun finden sich aber aus den früher für die zahlreichen gelegentlichen Greenwicher Beobachter ermittelten persönlichen Gleichungen für den verticalen Durchmesser, bezogen auf das Mittel der vier Hauptbeobachter als Nullpunct, folgende Mittelwerthe:

14 Beobachter	1851—60	−0″98	22 B. 1851—66	−0″75
8 „	1859—66	−0.34		
8 „	1867—75	+0.52	27 B. 1867—83	+0.78
19 „	1874—83	+0.89		

Ein so beträchtlicher Unterschied zwischen zwei so zahlreichen Beobachtergruppen ist in hohem Grade unwahrscheinlich.

Nachdem aber das jetzt befolgte Verfahren bei der Behandlung der verticalen Durchmesser in der Hauptsache nur die Änderungen eingeführt hat, dass die früher für die längste Beobachtungsreihe (Criswick) constant angenommene Gleichung veränderlich gesetzt, und für eine zweite lange Reihe (Dunkin) die Änderung stärker angenommen wird, als in der vorigen Rechnung, ergeben sich die Mittel der persönlichen Gleichungen gegen den ebenso definirten Nullpunct aus den obenstehenden Tafeln:

13 Beobachter	1851—60	+0″36	18 B. 1851—66	+0″47
5 „	1859—66	+0.75		
6 „	1867—75	+0.77	23 B. 1867—83	+0.85
17 „	1874—83	+0.88		

d. i. eine Übereinstimmung, wie sie nur irgend erwartet werden kann, und schwer für die Entscheidung ins Gewicht fallen muss, die Ursache der früher hervorgetretenen anscheinenden Abnahme der verticalen Durchmesser wesentlich in der früher unerkannt gebliebenen

Veränderung der Schätzung von Criswick im Verlauf seiner 31 jährigen Beobachtungsreihe zu finden.[1]

Im übrigen lässt die nunmehr erlangte Bestimmung der persönlichen Gleichungen die früher hauptsächlich zu Tage getretenen Ungleichheiten zwar immer noch bestehen, vermindert ihren Betrag aber erheblich. So werden die mittleren Abweichungen der vier Gruppen, in welche früher die Reihe der horizontalen Durchmesser zu zerfallen schien, jetzt − 0.″03, + 0.″21, − 0.″06, + 0.″11, die Abweichung der zweiten Gruppe von den beiden einschliessenden ist also von 0.″42 auf 0.″26 reducirt und ohne Zwang durch die zufälligen, den einzelnen Beobachtungen und der Anwendung der mittleren persönlichen Gleichungen für die einzelnen Jahre anhaftenden Fehler erklärbar. Der früher anscheinend nachgewiesene Sprung in den verticalen Durchmessern von 1866 auf 1867 reducirt sich jetzt auf eine dem ersten dieser beiden Jahre eigenthümliche, bedeutend über den Durchschnitt hinaus gegangene Abweichung, die, soweit sie den zufälligen Fehler der Beobachtungen selbst übersteigt, ohne Zweifel durch kleine Schwankungen der persönlichen Gleichungen entstanden ist. Einen erheblichen Antheil daran haben die Beobachtungen zweier im Jahre 1866 erst eintretenden Beobachter (H. Carpenter und W. Plummer), welche, wie aus der Tafel B zu ersehen, anfänglich viel grösser als später beobachtet zu haben scheinen. Lässt man diese fort, so bleibt für 1866 nur die Abweichung + 0.″33.

Es ist nicht ganz richtig, dass alle Beobachtungen gleiches Gewicht erhalten haben, und namentlich nicht, dass den Bestimmungen neu eintretender Beobachter sogleich diess volle Gewicht zuertheilt worden ist. Ich habe deshalb in der obigen Tafel die Beobachtungen der gelegentlichen Theilnehmer zunächst von denen der Hauptbeobachter getrennt, um ersehen zu lassen, wie eine Berichtigung dieser zu wesentlicher Vereinfachung der Rechnung hier zugelassenen Annahme die Jahresmittel, abgesehen von einzelnen Ausnahmefällen wie dem eben besprochenen, durchweg nur ganz unerheblich würde verändern können. Die ersichtlich mit einer oder der anderen unerheblichen Ausnahme durchweg stattfindende Übereinstimmung in dem Gange der Jahresresultate für die beiden Beobachtergruppen beseitigt zugleich den Einwand, den man

[1] Eine solche Abnahme kommt gar nicht zum Vorschein, wenn man die Jahresmittel ganz ohne Anbringung von persönlichen Gleichungen zusammenstellt. Diess ist aber gänzlich Zufall, und eine solche Zusammenstellung — wie sie von Airy M. N. 20, 83 und Thackeray M. N. 45, 390 gegeben ist — zeigt selbst auf's deutlichste die Nothwendigkeit der Berücksichtigung der persönlichen Gleichungen. Man würde aus der Airy-Thackeray'schen Tafel für 1851—1883 die durchschnittliche Abweichung eines Jahresmittels ± 0.″21 bez. ± 0.″27 erhalten, die Amplitude der Schwankungen 1.″86 bez. 1.″47 gegen 0.″98 und 0.″86 der obigen Tafel, oder 1.″14 und 1.″47 gegen 0.″53 und 0.″81 der obigen Tafel nach Ausscheidung der ersten 5 Jahre.

gegen die, erst durch das spätere Endergebniss der Untersuchung nachträglich ihre vollständige Legitimation erlangende, Zuziehung der vermittelst der Tafeln E′ reducirten Resultate derjenigen Beobachter, welche nur für kurze Zeiträume eingehen, hier noch machen könnte, dass nämlich durch diese Zuziehung langperiodische wirkliche Schwankungen des Durchmessers selbst oder seiner instrumentellen Wiedergabe einigermaassen verwischt werden könnten.[1] Bei solcher Sachlage war es richtig die Vereinigung sogleich vorzunehmen, weil die Zuziehung der gelegentlichen Beobachter eine zweifelsfreie und nicht unwesentliche Verminderung der zufälligen Fehler der einzelnen Jahresresultate herbeiführt.

Der in der Ausgleichung der Greenwicher Horizontalreihe erzielte Gewinn tritt noch deutlicher hervor, wenn man die unbeständigen ersten Jahre aussondert, man hat

	1851—55	1856—69	1870—83
durchschn. Abw.	0″38	0″15	0″10
früher	0.37	0.20	0.25.

Eine graphische Darstellung der in der Tafel C′ und D′ festgestellten Greenwicher Resultate für die beiden Durchmesser ist auf Taf. XVII gegeben.

Für die Washingtoner Beobachter erhält man, wenn aus den S. 1077 und 1080 für die einzelnen Jahre aufgeführten Werthen Beob. — A.E., bei den horizontalen Durchmessern nach Reduction auf richtiges Jahresmittel für die unvollständigen Beobachtungsjahre 1869—1871, Mittel nach der Zahl der Beobachtungen genommen und davon die für das Mittel aller Beobachter geltenden Beträge $-0^s.107$ und $-1''40$ abgezogen werden, folgende Werthe der persönlichen Gleichung:

Newcomb	−0ˢ051	−1″77	
Thirion	+0.040	+0.79	
Hall	+0.007	−0.34	
Rogers	+0.115	+1.26	
Abbe	−0.026	+0.62	
Frisby	+0.076	−0.19	
Eastman	+0.041	1868—77 +0″98,	später −0″75
Harkness	−0.044	−0″84	
Stone	+0.050	+0.05	
Holden	+0.067	+1.15	
Skinner	−0.042	−0.43	−0″21 (t − 1878.5)
Paul	−0.097	−0.97	
Pritchett	+0.062	+0.79	
Rock	−0.100	−0.08	
Winlock	−0.096	−0.01	

[1] Wollte man die langen Reihen allein ausgleichen, so erhielte man fast genau dieselben Ausgleichungscurven wie die auf Taf. XVII dargestellten für das gesammte Material, für den horizontalen Durchmesser mit der einzigen Ausnahme, dass das Minimum von 1878 ein Jahr hinausgeschoben werden und auf −0″2 anwachsen, vorher aber noch ein Maximum von +0″1 1874.0 sich einschieben würde, für den verticalen Durchmesser in noch genauerm Anschluss, indem sich nur das Maximum von 1866 etwas erniedrigen und das Minimum von 1878-9 etwa 2 Jahre früher eintreten würde.

Für die Beobachter mit längeren Reihen findet man die Theilmittel Beob. – A.E.:

Frisby	1868—71	−0ˢ.057	58 B.	−0ˢ.031		−1″.81	54 B.	−1″.59
	1872—75	−0.020	81 »			−1.61	82 »	
	1876—79	−0.022	64 »			−1.39	63 »	
Eastman	1868—71	−0.057	41 »	−0.066				
	1872—74	−0.095	85 »		1868—77	−0″.42	186 B.	
	1875—79	−0.047	73 »		1878—79 / 1881—82	−2.15	41 »	
	1880—82	+0.050	40 »					
Skinner	1873—77	−0.156	90 »	−0.149	1873—76	−1″.11	76 B.	f. 1878.5 −1″.76
		−0.141	76 »		1877—79	−1.89	51 »	» −1.97
					1880—82	−2.37	38 »	» −1.78

Vielleicht hat Frisby beide Durchmesser allmählich grösser beobachtet, indess sind die Differenzen zwischen seinen vorstehenden Theilmitteln für sich allein noch nicht zu verbürgen. Bei Eastman scheint die zweite Gruppe der Durchgangszeiten abzuweichen, ich habe indess zunächst auch hier, wie überall für die Durchgangszeiten der Washingtoner Reihen, die Gleichung constant angenommen. Dagegen zeigen die verticalen Durchmesser bei Eastman Sprünge, die nicht unberücksichtigt bleiben können; der Beobachter hat seine Schätzung, anscheinend plötzlich von 1877 auf 1878, um −1″.73 geändert, ist aber nachher vorübergehend, während des Jahres 1880, noch einmal in seine alte Beobachtungsart verfallen. Ich habe die Beobachtungen von 1880 ganz fortgelassen. Ferner ist für Skinner eine schnelle Verkleinerung der verticalen Durchmesser ersichtlich.

Man erhält demnach folgende mit den vorstehend zusammengestellten Gleichungen auf das Mittel aller Beobachter und in den drei unvollständigen Beobachtungsjahren gehörig auf Jahresmittel reducirte Werthe Wash. – Am. Eph. und deren Abweichungen vom Mittel −0ˢ.1086 (hor. Dm. −1″.55) bez. −1″.43:

Tafel K′.

Jahr	Dg. Zt.	Beob.	Abw. h. Dm.	v. Dm.	Beob.	Abw.	Jahr	Dg. Zt.	Beob.	Abw. h. Dm.	v. Dm.	Beob.	Abw.
1866	−0ˢ.115	107	−0″.09	−1″.77	110	−0″.34	1875	−0ˢ.108	93	+0″.01	−1″.21	90	+0″.22
1867	−0.089	127	+0.29	−1.20	118	+0.23	1876	−0.098	93	+0.16	−1.44	99	−0.01
1868	−0.103	109	+0.09	−1.24	101	+0.19	1877	−0.099	52	+0.14	−1.69	53	−0.26
1869	−0.143	50	−0.49	−1.50	58	−0.07	1878	−0.086	59	+0.33	−1.47	58	−0.04
1870	−0.129	69	−0.29	−1.51	64	−0.08	1879	−0.096	71	+0.19	−1.39	69	+0.04
1871	−0.181	11	−1.03:	−2.51	10	−1.08:	1880	−0.107	62	+0.03	−1.17	42	+0.26
1872	−0.135	81	−0.37	−1.35	75	+0.08	1881	−0.089	87	+0.29	−1.41	82	+0.02
1873	−0.105	55	+0.06	−1.48	55	−0.05	1882	−0.109	76	0.00	−1.53	70	−0.10
1874	−0.109	79	0.00	−1.31	77	+0.12							

Die durchschnittliche Abweichung eines Jahreswerths ist für den horizontalen Durchmesser 0″.182, für den verticalen 0″.140. Die Über-

einstimmung der Werthe für den letztern lässt nichts zu wünschen übrig, die blosse Annahme von Veränderungen bei zwei Beobachtern hat genügt, die früher in dieser Reihe gefundenen Anomalieen vollständig zu beseitigen. Die Übereinstimmung zwischen den horizontalen Durchmessern ist, ohne Annahme von Änderungen in den persönlichen Gleichungen, nur durch Berichtigung des Anschlusses der nur lose zusammenhängenden Gruppen, wesentlich verbessert, indess noch nicht genügend, indem die Jahre 1869—1872 nicht in die Reihe hineinpassen. Sie geben 0".55 weniger als die übrigen 13 vortrefflich unter einander stimmenden Jahre. Diess liegt aber in der Hauptsache augenscheinlich daran, dass Frisby in der That anfänglich kleiner beobachtet hat — vielleicht ist die Änderung plötzlich eingetreten, indem die Jahre 1868—1873 in verhältnissmässig guter Übereinstimmung $-0^s.056$ geben, dagegen 1874—1879 gut harmonirend $-0^s.014$ — und eine ähnliche Änderung bei Stone, wie sie die Tafel S. 1077 nur andeuten konnte (1870–72 35 B. $-0^s.093$, 1873–75 28 B. $-0^s.014$), gleichfalls reell ist.

Für Oxford ergeben sich die persönlichen Gleichungen, bezogen auf das Mittel der Beobachter (für die Durchgangszeiten mit doppeltem Eingehen von Quirling und Keating):

Quirling	1862–66	$-0^s.051$	$-0''97$
	1867–69	$+0.030$	
Lucas		$-0^s.355$	-1.01
Main		$+0.163$	$+1.56$
Keating	1870–72	$+0^s.242$	$+0.90$
	1873–76	$+0.335$	
F. Bellamy		$-0^s.115$	-0.69
Robinson		-0.138	-0.01
Wickham		-0.109	$+0.25$

Damit werden die Jahresmittel Oxf. — N. A.:

Tafel X.

Jahr	Dg. Zt.	Beob.	Abw. h. Dm.	v. Dm.	Beob.	Abw.	Jahr	Dg. Zt.	Beob.	Abw. h. Dm.	v. Dm.	Beob.	Abw.
1862	$-0^s.070$	33	$-0''17$	$-1''.15$	36	$-1''.00$	1871	$-0^s.061$	82	$-0''.04$	-0.81	82	$-0''66$
1863	-0.092	72	$+0.49$	-0.17	72	-0.02	1872	-0.035	71	$+0.33$	-0.36	75	-0.21
1864	-0.007	114	$+0.73$	-0.07	114	$+0.08$	1873	-0.007	81	$+0.73$	$+0.50$	85	$+0.65$
1865	-0.065	108	-0.10	$+0.54$	104	$+0.69$	1874	-0.054	87	$+0.06$	-0.20	102	-0.05
1866	-0.080	86	-0.32	-0.19	88	-0.04	1875	-0.073	72	-0.22	$+0.19$	82	$+0.34$
1867	-0.048	79	$+0.14$	-0.39	83	-0.24	1876	-0.079	100	-0.30	-0.36	102	-0.21
1868	-0.048	108	$+0.14$	-0.06	101	$+0.09$	1881	-0.098	30	-0.57	-0.02	36	$+0.13$
1869	-0.042	8	$+0.23$	-0.94	7	-0.79	1882	-0.085	26	-0.39	-0.13	26	$+0.02$
1870	-0.065	32	-0.10	$+0.81$	33	$+0.96$	1883	-0.028	46	$+0.43$	-0.32	46	-0.17

Die Abweichungen sind von den hieraus, nur mit Gew. $^1/_2$ für 1869, gebildeten Mitteln $-0^s.058$ und $-0''.15$ genommen; ihr durchschnittlicher Betrag ist sehr gross, 0".28 bez. 0".33.

Für Neuchâtel werden die persönlichen Gleichungen, bezogen auf das Mittel der 8 Beobachter:

Hirsch	+0″06	
Schmidt	−0.93	−0″44 (t − 1868.0)
Becker	−0.45	+0.80 (t − 1873.0)
Franz	−0.12	
Grützmacher	+0.66	
Legrand-Roy	−0.09	
Hilfiker	+0.60	
(Meyer	+0.27)	

Die Änderungen bei Schmidt und Becker ergeben sich hier noch stärker als früher durch die Vergleichung mit Greenwich. Die einzelnen Jahrgänge dieser Beobachter geben jetzt auf 1868.0 bez. 1873.0 reducirt:

Schmidt				*Becker*	
1864	32′ 2″87	1868	32′ 2″68	1871	32′ 3″40
1865	1.69	1869	2.74	1872	2.77
1866	2.55	1870	2.27	1873	2.81
1867	2.33	1871	1.93	1874	3.24

Als reducirte Jahresmittel nach der Neuchâteler Reihe erhält man:

Tafel Y.

1862	32′ 2″34	−0″94 (G. 1/2)		1873	32′ 3″26	−0″02
1863	3.27	−0.01		1874	4.01	+0.73
1864	3.58	+0.30		1875	2.58	−0.70
1865	2.62	−0.66		1876	3.24	−0.04
1866	3.48	+0.20		1877	3.55	+0.27
1867	3.26	−0.02		1878	2.79	−0.49
1868	3.61	+0.33		1879	3.54	+0.26
1869	3.57	+0.29		1880	3.51	+0.23
1870	3.20	−0.08		1881	3.38	+0.10
1871	3.47	+0.19		1882	3.24	−0.04
1872	3.22	−0.06		1883	2.97	−0.31

Das Mittel wird 32′ 3″28, womit die in letzter Columne stehenden Abweichungen übrig bleiben. Ihr durchschnittlicher Betrag ist 0″27, sehr gross zumal in Anbetracht des Umstandes, dass bereits 9 Constanten aus der Reihe eliminirt sind.

An Stelle der S. 1107 gegebenen Tafel der Gesammtresultate tritt nunmehr die folgende, welche hinsichtlich der Vereinigung der verschiedenen Reihen in so fern abweichend construirt ist, als die Gewichte für Oxford und Neuchâtel auf die Hälfte herabgesetzt sind. Ausserdem waren in Folge der Änderung der Beobachtungszahlen einzelne unerhebliche Änderungen der früher angenommenen relativen Gewichte erforderlich.

Tafel W'.

Beobachtete Abweichungen des Durchmessers von seinem mittlern Werth in dem zweiten System der persönlichen Gleichungen, nach sämmtlichen Beobachtungen.

	hor. Durchm.	benutzte Beob.	vert. Durchm.	benutzte Beob.	beide Durchm.	benutzte Beob.	genähertes Gewicht
1851	−0″56	64	−0″12	81	−0″34	145	1.5
1852	+0.19	102	+0.51	109	+0.35	211	2.1
1853	+0.42	72	+0.06	82	+0.24	154	1.5
1854	−0.42	74	−0.20	72*	−0.31	146	1.5
1855	+0.33	72	+0.30	77	+0.31	149	1.5
1856	−0.16	91	−0.22	105	−0.19	196	2.0
1857	+0.04	113	−0.28	121	−0.12	234	2.3
1858	−0.12	121	−0.06	131	−0.09	252	2.5
1859	+0.17	102	+0.06	117	+0.11	219	2.2
1860	−0.06	67	−0.35	66	−0.20	133	1.3
1861	+0.17	107	−0.03	112	+0.07	219	2.2
1862	−0.36	156	−0.26	122	−0.32	278	2.0
1863	−0.20	309	−0.09	179	−0.15	488	3.3
1864	+0.37	342	+0.08	219	+0.25	561	3.8
1865	−0.12	376	+0.34	220	+0.08	596	4.1
1866	+0.04	461	+0.04	298	+0.04	759	5.9
1867	+0.10	453	+0.06	281	+0.08	734	6.9
1868	+0.13	432	+0.08	327	+0.11	759	6.0
1869	−0.10	331	−0.18	158	−0.14	489	3.2
1870	−0.17	364	+0.02	207	−0.09	571	3.8
1871	+0.05	370	−0.18	195	−0.05	565	3.8
1872	−0.10	427	+0.10	259	−0.01	686	4.8
1873	+0.09	394	+0.06	246	+0.08	640	4.2
1874	+0.16	419	+0.05	259	+0.11	678	5.0
1875	−0.17	445	+0.13	273	−0.03	718	5.5
1876	0.00	450	−0.09	294	−0.04	744	5.6
1877	+0.10	275	−0.20	121	−0.03	396	3.2
1878	−0.02	303	−0.10	130	−0.06	433	3.5
1879	+0.05	305	−0.06	131	0.00	436	3.5
1880	+0.10	345	+0.13	144	+0.11	489	3.7
1881	+0.14	378	+0.10	201	+0.12	579	4.4
1882	−0.04	276	+0.09	144	+0.02	420	3.9
1883	+0.09	268	−0.07	114	+0.02	382	2.6

Taf. XVII enthält eine Darstellung der letzten Mittelcolumne. Entsprechend den in diesen ersichtlichen kleinen Zeichenfolgen kann man die dort eingetragene Ausgleichungscurve mit kleinen Wellen construiren, welche für den dichter mit Beobachtungen gefüllten Zeitraum regelmässig genug in 7 oder 8-jähriger Periode auf einander folgen. Die wirkliche Beweiskraft der ganzen Beobachtungsreihe erscheint mir aber bereits durch die Ausgleichung vollständig erschöpft, welche die gerade Nulllinie der Abscissen ergibt.

Ich ziehe das Resultat der voraufgehenden Untersuchung in folgenden Sätzen zusammen.

Die Bestimmung des Sonnendurchmessers aus den Differenzen der Culminationszeiten oder der Zenithdistanzen der entgegengesetzten Sonnenränder ist persönlichen Gleichungen unterworfen, welche durch-

schnittlich etwa 1″, häufig jedoch, und zwar zwischen Beobachtungen an dem nämlichen Instrument und nach der nämlichen Methode, 3, 4 oder 5″ und ausnahmsweise bis 10″ betragen.

Untersuchungen über das relative Verhalten von Beobachtungsreihen, oder von verschiedenen Stücken derselben Reihe, die von verschiedenen Beobachtern herrühren, dürfen deshalb nicht ohne Berücksichtigung der persönlichen Gleichungen ausgeführt werden. Andernfalls sind die vermeintlichen Resultate solcher Untersuchungen werthlos, ausgenommen wenn an jedem einzelnen der verglichenen Stücke so zahlreiche Beobachter Theil haben, dass ein hinlänglich angenähertes gegenseitiges Aufheben der vernachlässigten Gleichungen vorausgesetzt werden darf.

Die persönlichen Gleichungen sind ziemlich häufig und in verhältnissmässig weiten Grenzen veränderlich, dergestalt, dass ein Beobachter im Laufe mehrerer Jahre seine Auffassung des Sonnendurchmessers allmählich oder sprungweise bis zu mehreren Secunden ändert.

Es ist daher nicht möglich, vermittelst der durch mehrere Jahre fortgesetzten Messungen eines und desselben Beobachters das Verhalten des Sonnendurchmessers in Bezug auf etwaige fortschreitende oder langperiodische Änderungen zu prüfen, falls nicht die Constanz der Messung selbst anderweitig nachgewiesen werden kann.

Die Bestimmbarkeit der persönlichen Gleichungen wird durch deren Veränderlichkeit empfindlich beschränkt. Hauptsächlich aus diesem Grunde ist es unmöglich, eine den zufälligen Fehlern der einzelnen Beobachtungen entsprechende Ausgleichung einer längeren Beobachtungsreihe zu erzielen.[1] Diese Ausgleichbarkeit wächst mit der Zahl der fortlaufend und regelmässig neben einander an der Reihe thätigen Beobachter. Sie ist demnach am vollkommensten für das Greenwicher System; die damit erreichte Grenze des m. F. eines Jahresresultats von etwa ± 0″2 scheint das äusserste im regelmässigen Betriebe des Meridiandienstes einer einzelnen Sternwarte Erreichbare zu sein. Auch durch gleichzeitige Beobachtung beider Durchmesser an demselben Instrument ist keine grössere Sicherheit zu erzielen. — Um Durchmesserbestimmungen aus verschiedenen Jahren innerhalb

[1] Ich habe über den mittlern Betrag dieser zufälligen Fehler keine weiteren Rechnungen angestellt als die in meiner Untersuchung von 1873 enthaltenen. Nach den Thackeray'schen Angaben (Monthly Not. Vol. 45 p. 395, 468) würden erheblich kleinere Werthe anzunehmen sein, im Durchschnitt m. F. von etwa ± 0ˢ073 für eine Beobachtung der Culminationsdauer und ± 1″4 für einen Vertical-Durchmesser. Wie Hr. Thackeray seine Zahlen abgeleitet hat, ist nicht angegeben; jedenfalls sind dafür viel mehr Beobachtungen benutzt als in meiner früheren Untersuchung, dieselben indess fast ausschliesslich den Reihen langjähriger und besonders eingeübter Beobachter entnommen.

engerer Grenzen des m. F. vergleichbar zu machen, muss man daher ganz andere Messungsmethoden anwenden.

Die Vergleichung der nach Möglichkeit von den persönlichen Gleichungen befreiten Jahresmittel der Meridianbestimmungen des Sonnendurchmessers für den Zeitraum 1851—1883 gibt keine Anzeichen, welche mit einiger Wahrscheinlichkeit, geschweige denn mit Sicherheit auf eine fortschreitende oder periodische Änderung des Sonnendurchmessers zu deuten wären; vielmehr ist überall, wo solche Anzeichen in der Rechnung zum Vorschein kommen, ihr Ursprung deutlich in einem Mangel der letzteren, nämlich fehlerhafter oder ungenügender Bestimmung der persönlichen Gleichungen erkennbar. Insbesondere widersprechen die Beobachtungen in jeder möglichen Interpretation der Existenz solcher Änderungen, welche der Periode der Sonnenflecken folgen sollten, soweit überhaupt ihre Beweiskraft reicht. Durch diese wird eine Veränderung um 0ʺ4 vom Maximum bis zum Minimum des Fleckenstandes ausgeschlossen, eine Veränderung um die Hälfte dieses Betrages oder ein Coefficient von 0.002 für die Wolf'schen »Relativzahlen« des Fleckenstandes schon sehr unwahrscheinlich gemacht. —

Nachdem die Untersuchung von 15000 Bestimmungen von 100 Beobachtern an vier starken Instrumenten zu diesen Ergebnissen geführt hat, muss es definitiv aufgegeben werden, Untersuchungen über Veränderungen des Sonnendurchmessers auf Meridianbeobachtungen, geschweige denn auf kleinere Reihen von solchen, oder auf höchstens aequivalente Bestimmungen, zu gründen. Die interessante und wichtige Untersuchung derartiger Beobachtungsreihen über den Sonnendurchmesser hat sich vielmehr in Zukunft so lange ausschliesslich auf das Studium der die Beobachtungen beeinflussenden systematischen Fehler zu richten, bis auf die Resultate dieses Studiums mit Sicherheit Methoden zur Beseitigung oder wesentlichen Einschränkung dieser Beobachtungsfehler gegründet werden können.

Die Frage nach dem wahren Betrage des mittlern Sonnendurchmessers habe ich im Vorstehenden nur gelegentlich mit Angaben über die absoluten Fehler der erhaltenen Bestimmungen gestreift. Sie gehört nicht weiter in eine Discussion von Meridianbeobachtungen hinein, weil die absoluten Beträge der aus solchen bestimmten Durchmesser keine andere Bedeutung haben, als die, dass sie ein für einen bestimmten Beobachter oder ein bestimmtes Instrument anzuwendendes Reductionselement liefern. Eine andere Bedeutung können auch die hier für das Mittel aller Beobachter an den einzelnen Instrumenten

abgeleiteten Werthe ungeachtet der theilweise grossen Zahl der Beobachter nicht beanspruchen; diese Mittel würden nach der hier zuletzt durchgeführten Berechnung sein:

Greenwich	hor. Dm.	32′ 1″99	vert. Dm.	32′ 2″73	54	Beobachter
Washington	»	2.45	»	2.57	15	»
Oxford	»	2.87	»	3.51	7	»
Neuchâtel	»	3.27	»	—	8	»

Die frühere Berechnung, bei welcher die Zahl der zugezogenen Greenwicher Beobachter um 8 grösser war, würde nur den horizontalen Greenwicher Durchmesser eine Kleinigkeit abweichend (0″02 grösser) geben. Bei Oxford würde die Zuziehung der nicht berücksichtigten Beobachter Béchaux und Bowden die Mittel um + 0″10 und − 0″08 ändern.

Eine merkliche Abweichung des Sonnenkörpers von der Kugelgestalt ist nicht vorhanden. Meridianbeobachtungen sind zur Untersuchung der Gestalt der Sonne untauglich, weil sie die beiden auf einander senkrechten Durchmesser durch Methoden bestimmen, die nicht gleichartig sind. Der einen dieser Methoden einen Vorzug vor der anderen zu geben, ist nicht a priori zulässig, und wenn sich in der vorhergehenden Untersuchung auch Anzeichen dafür ergeben haben, dass die Fadeneinstellungen für Zenithdistanz sowohl in Bezug auf Constanz der Auffassung als auf durchschnittliche Grösse des absoluten Fehlers dann einigermaassen im Nachtheil sind, wenn sie mit einem einfachen Faden ausgeführt werden, so bedarf dieser hier erscheinende Unterschied doch erst noch weiterer Bestätigung, und bleibt es einstweilen, um möglichst vergleichbare Zahlen für die verschiedenen Instrumente zu erhalten, das Sicherste, aus den vorhandenen Doppelbestimmungen einfach die Mittel zu nehmen und die einfache Bestimmung für Neuchâtel ohne eine Reduction, die ganz willkürlich bleiben würde, damit zusammenzustellen. Es gibt dann

Greenwich	32′ 2″36 (oder 2″37)
Washington	2.51
Oxford	3.19 (oder 3″20) .
Neuchâtel	3.27

Die Unterschiede dieser Zahlen unter einander sind, obwohl die im engern Sinne zufälligen Fehler der einzelnen Beobachtungen durch die sehr grosse Anzahl der letzteren fast zum Verschwinden gebracht werden, dennoch nur zufällige. Sie sind zum Theil auf die persönlichen Gleichungen zurückzuführen, welche allein mittlere Fehler für die angegebenen vier Mittel übrig lassen, die der Reihe nach zu nahe 0″1, 0″2, 0″3 und 0″4 zu veranschlagen sind. So

weit eine solche Erklärung nicht ausreichend sein sollte, wird man den noch übrig bleibenden Theil der Unterschiede am wahrscheinlichsten mit den Unterschieden der Bildschärfe in Verbindung zu bringen haben, nicht sowohl der den vier Objectiven eigenthümlichen, als vielmehr derjenigen, mit welcher in den einzelnen Reihen durchschnittlich gearbeitet ist. Dass in der That bei den Reihen von Oxford und Neuchâtel der durchschnittliche Fehler der Focalberichtigung erheblich grösser gewesen ist als in Greenwich und Washington, werde ich in dem nächsten Abschnitt dieser Untersuchungen nachweisen.

Bem. zu Taf. XVI. — Bei der zu Tafel S gehörigen Darstellung wurde eine fehlerhafte Grundlage benutzt, und es sind einige Puncte erheblich falsch eingetragen, nämlich 1861.5 0."11 zu tief, 1880.5 und 1881.5 0."09 zu hoch. Die Berichtigung dieses Versehens würde ergeben, dass der aufsteigende Zweig der Curve 1860.5—1865.5, ohne Änderung der Ordinaten seiner Endpuncte, in seiner ersten Hälfte ein wenig steiler, nachher etwas weniger steil ansteigend zu ziehen wäre, und dass das Ende der Curve von 1880.5 ab sich ein wenig (bis 1883.5 um 0."03) mehr senkte.

Ausserdem sind noch 10 Puncte 0."01 tiefer als nach der definitiven S. 1092—93 gegebenen Redaction der Tafel S eingetragen; die entsprechende Berichtigung bleibt ohne merkbaren Einfluss auf die Festlegung der Curve.

(Fortsetzung folgt.)

Nochmalige Berichtigung zu Coelodon.

Von H. Burmeister.

Buenos Aires, 24. October 1886.

Gegen meine frühere Darstellung in den Sitzungsberichten der Königlichen Akademie vom vorigen Jahre (Stück XXVIII, S. 567) haben sich zwei Stimmen erhoben, welche mich nöthigen, dieselbe nochmals zu prüfen, um zu dem richtigen Ergebniss zu gelangen.

Zuerst hat Hr. Florentino Ameghino in den diesjährigen Sitzungsberichten — Stück XXIV, S. 463 — seine neue Gattung *Oracanthus* aufrecht gehalten und sich dabei auf frühere Angaben verschiedener Autoren über andere Arten mit verminderter Zahl der Zähne gestützt, die mir sämmtlich bei meiner Mittheilung an die Akademie wohl bekannt waren, denen ich aber keine grosse Bedeutung zugestehen konnte, weil sie mir irrig erschienen.

Sphenodon ist von seinem Gründer, Hrn. Dr. Lund selber, wegen des Jugendzustandes seiner Zähne wieder eingezogen worden; *Grypotherium (Mylodon Darwinii)* hat anfangs $\frac{5}{4}$ Zähne, von denen der erste obere bald ausfällt, weil ihm der untere Opponent fehlt,[1] und *Megatherium Gervaisii* mit $\frac{4}{3}$ Zähnen, ist nicht genügend bekannt, um für sicher begründet zu gelten.[2] Einzelne überzählige Zähne, welche mitunter, aber nur einseitig, bei verschiedenen Arten vorkommen, können nicht als Beweisstücke dienen, weil sie eben nur Abnormitäten sind.

Aus allen weiteren Angaben des Hrn. Verfassers folgt für mich nichts mehr, als dass er anders wie ich die Dinge und ihre Erscheinungen ansieht, und das hat er mir schon lange, seit mehr als zehnjähriger Bekanntschaft mit seinen Arbeiten und seinem rein autodidaktischen Entwickelungsgange, genugsam bewiesen.

Die zweite Entgegnung macht mir Hr. Prof. Ch. Lütken zu Copenhagen, in der Overs. over d. K. D. Vidensk. Selsk. Forhandl. 1886.

Der gelehrte und, wie es scheint, mir wohlgesinnte Hr. College, dem ich dafür meinen Dank abstatte, hebt in der Einleitung mit

[1] Vergl. Description physique de la République Argentine. T. III. p. 361.
[2] Vergl. Sitzungsberichte 1885. St. XXXII. — Sitzung vom 25. Juni.

Nachdruck hervor, dass ich REINHARDT's Abhandlung irrig beurtheilt habe, indem ich das Object derselben zu klein ansetze, es sei vielmehr fast eben so gross, wie die von mir vorgelegte Art. Dies ist richtig; ich habe die Erklärung der den Figuren beigeschriebenen Grössenangabe von $^2/_3$ der Bilder, übersehen, was ich jetzt reuig, zu meiner eigenen Beschämung, bekenne. Der natürliche Grössenunterschied beider Arten ist nur gering, und das kommt, nach meiner Ansicht, meiner Auffassung ihrer nahen Verwandtschaft eher zu Gute, als zum Nachtheil.

Misst man in REINHARDT's Fig. 1 Taf. I den Unterkiefer vom Condylus bis zu dem im Bruch des Vorderendes sichtbaren Rande des Foramen mentale, so findet man genau 10^{cm}; die wirkliche Länge dieses Abstandes ist also 15^{cm}. In meiner von der Innenseite des Kiefers genommenen Figur konnte das Foramen mentale nicht gezeichnet werden; jetzt finde ich es 18^{cm} vom Condylus entfernt, was allerdings einen nur mässigen Grössenunterschied anzeigt.

Da nun Hrn. REINHARDT's Object einem offenbar viel jüngeren Individuum angehört hat, so wird es besser mit meinem zweiten, kleineren Individuum übereinkommen, und da es schon in dieser Zeit demselben an Umfang gleicht, so ist anzunehmen, dass die REINHARDT'sche Art im reifen Lebensalter einen noch grösseren Körperumfang besitzen wird, als die von mir dargestellte. Meine beiden Individuen verhalten sich, nach der Länge der Zahnreihen zu einander bestimmt, wie 6.4 zu 7.0, oder fast genau wie 9 : 10; das Original meiner Fig. 2, dem der Condylus fehlt, wird danach den Abstand desselben vom Foramen mentale zu 16^{cm} ergeben, also mit dem REINHARDT's in der Grösse fast genau übereinkommen.

Indem ich diese Vergleichung anstelle, will ich doch zugeben, dass beide Originale verschiedenen Arten (Species) angehört haben; ich meine nur, dass sie generisch verwandt sein können, und dafür spricht mir unter Anderem die grosse Ähnlichkeit in der Gesammtform der Unterkiefer, namentlich die bauchige Wölbung des mittleren zahntragenden Theiles. Es tritt niemals eine so grosse Übereinstimmung bei verschiedenen Gattungen der Gravigraden-Gruppe im Unterkiefer auf; jede derselben hat in der Form des horizontalen Astes und des Kinnrandes eine ausgeprägte Eigenthümlichkeit, daher man selbst Trümmer von Unterkiefern mit Sicherheit in die Gattungen einreihen kann.

Diese Betrachtung führt mich auf Hrn. LÜTKEN's Einwand, dass die Kinnnath in meiner Figur ein ganz anderes Ansehn habe, als in der REINHARDT's. Seine Bemerkung ist richtig und von mir auch wohl erwogen; aber sie beweist doch nicht mehr, als dass beide

Typen zu verschiedenen Arten einer und derselben Gattung gehören können. Denn die Länge dieser Nath ist bei verschiedenen Arten eines und desselben Genus mitunter sehr ungleich. Dazu kommt, dass sie sich mit zunehmendem Alter ändert, d. h. länger und breiter wird; indem sowohl die Spitze mehr vortritt, als auch der hintere Rand mehr zurückweicht.

Wir haben im hiesigen National-Museum vollständige Schädel zweier Arten von *Scelidotherium*, die sich auffallend in der Grösse des Schnauzentheils von einander unterscheiden. Bei *Sc. leptocephalum*, mit sehr langer spitzer Schnauze, ist die Kinnnath des Unterkiefers 14^{cm} lang und ihr hinterer Rand liegt 8^{cm} vor dem ersten Zahn; bei *Sc. magnum* (s. *tarijensis*) dagegen hat die Kinnnath nur 12^{cm} Länge und ihr hinterer Endrand liegt 2.5^{cm} von dem ersten Zahn ab.

Könnte nicht bei verschiedenen Arten der Gattung *Coelodon* etwas Ähnliches stattfinden?

Man sieht in REINHARDT's Fig. 1 Taf. I den hinteren Rand des Foramen mentale im Bruch des Vorderendes angegeben. Nun liegt dies Loch nie in der äussersten Spitze des Unterkiefers, sondern vor dem Ende und um so mehr weiter rückwärts, je länger dasselbe vortritt. *Sc. leptocephalum* hat diese Öffnung, wodurch die Nerven für Kinn und Unterlippe ihren Austritt machen, 8^{cm} von der Spitze des Unterkiefers entfernt, und *Sc. magnum* nur 3.5^{cm}. Hieraus folgere ich, dass in REINHARDT's Figur nicht bloss ein schmaler Vorderrand vom Unterkiefer abgebrochen ist, wenn ich dessen grosse anderweitige Ähnlichkeit berücksichtige mit den mir vorliegenden Unterkiefern, von denen der eine diese Spitze völlig unversehrt besitzt, sondern eine gleichförmige Zuspitzung. Es ist allerdings richtig, dass, wie Hr. LÜTKEN bemerkt, das hintere Ende der Kinnnath in REINHARDT's Figur weiter nach vorn sich befindet, als in meiner; denn in jener liegt es noch vor dem ersten Zahn, während es in dieser bis zum zweiten Zahn reicht. Aber man kann nicht wissen, ob nicht der hintere Rand umbiegend, wie angedeutet ist in der Abbildung, weiter mit seiner Mitte nach hinten vorsprang, weil er beiden Unterkieferhälften fehlt, indem dieselben schon vor der wirklichen Nath abgebrochen verzeichnet sind.

Grossen Werth legt Hr. LÜTKEN mit Recht auf die Lage der Mündung des Seitenastes vom Canalis alveolaris. Aber dies Loch ist in REINHARDT's Figuren nicht sichtbar, weil die Apophysis temporalis es versteckt. Dass dasselbe auf der Aussenfläche des horizontalen Kieferastes sich befinde, an derselben Stelle, wo es *Bradypus*, *Choloepus*, *Scelidotherium*, *Megalonyx* und *Mylodon* zeigen, wie Hr. LÜTKEN nachträglich angiebt, sagt REINHARDT nicht mit Bestimmtheit; er spricht

von der hinteren Öffnung des Canalis alveolaris, dem grossen Foramen mandibulare auf der Innenseite des aufsteigenden Kieferastes, 22^{mm} hinter dem letzten Zahn, wo ein solches Loch alle Gravigraden und Säugethiere überhaupt besitzen. Auch meine beiden *Coelodon*-Kiefer zeigen es genau an derselben Stelle, der kleinere 2^{cm}.2 vom letzten Zahn entfernt, der grössere 2^{cm}.5. Den Seitenast erwähnt Reinhardt nur im dänischen Text (S. 279), ohne bestimmte Angabe seiner Mündung, denn er sagt nur, dass er neben dem hintersten Zahn sich öffne, wie bei allen übrigen Faulthier-Typen. Aber neben dem hintersten Zahn haben diesen Ausgang auch die hiesigen beiden fossilen Kiefer, nur nicht auf der Aussenseite des horizontalen Astes, sondern an der Basis der Apophysis coronoïdea, innen neben deren Vorderrande. So konnte ich also auch Reinhardt's Angabe verstehen und deuten.

Hr. Lütken besteht darauf, dass die Zähne der lebenden Gattungen *Bradypus* und *Choloepus* gleichzeitig auftreten. Er hat in soweit Recht, als alle Zähne halbwüchsiger Individuen fast gleichmässig entwickelt sind, aber es fragt sich doch, ob sie auch gleichzeitig hervortraten. Ich muss, nach den mir vorliegenden Schädeln junger Individuen von *Bradypus*, deren Grösse mit der von Hrn. Lütken angegebenen übereinstimmt, annehmen, dass der hinterste Zahn beider Kiefer später durchbricht, weil er etwas niedriger ist und seine Kaufläche eine geringere Abnutzung zeigt. Auch ist sein im Kiefer vorborgener Schaft kürzer als der der anderen Zähne. Endlich ist es ja allgemeine Regel, dass der hinterste Zahn der Säugethiere der letzte ist im Durchbruch, was also auch für die Faulthiere Geltung haben wird.

Ferner meint Hr. Lütken, dass die Form des hintersten Zahnes von *Coelodon*, wie ihn Reinhardt's Abbildung darstellt und der dänische Text beschreibt, die Vermuthung abweise, dass hinter ihm noch ein anderer Zahn später auftreten könne. Er spricht sich darüber bestimmt genug aus und lässt seine Meinung gar gesperrt drucken (S. XVIII). Dennoch sehe ich mich gemüssigt, zu behaupten, dass Reinhardt's Figur, Taf. I Fig. 2, wo allein dieser Zahn deutlich zu erkennen ist, das Gegentheil beweise. In ihr ist besagter Zahn zwar anders gestaltet, als die vorhergehenden, nämlich dreiseitig prismatisch, statt dass letztere vierseitig sind, aber er hat nach meiner Ansicht nicht die übliche nach hinten gestreckte Figur eines letzten Zahnes, weil er sich nicht nach hinten hin verschmälert, sondern nach innen zu. Obgleich ich ihn in meinen Figuren gut dargestellt zu haben glaube, so sieht man ihn jedoch nur von der Seite, nicht von oben, und in solcher Ansicht ist es schwierig, die Verschmälerung nach hinten genau zur Anschauung zu bringen. Ich gebe daher hier nachträglich

eine Zeichnung der Zähne von der Kaufläche, in natürlicher Grösse, welche die Verschmälerung des letzten Zahnes deutlicher macht, und beschreibe diese Figur weiter nicht, weil sie sich selbst erklärt, sie nebenstehend hier einschaltend.



Zahnreihe in natürl. Grösse.
I. Vorderster Zahn.
II. und *III.* Mittlere Zähne.
IV. Hinterster Zahn.
a Mündung des Seitenastes des *canalis alveolaris.*

In REINHARDT's Abbildung hat der hinterste Zahn zwar auch einen dreikantigen Umriss, aber die schärfste Kante des Dreiecks ist nicht nach hinten gegen den Schlund zu gerichtet, sondern nach innen gegen die Mundhöhle der Zunge zugewendet. Diese Richtung des Dreiecks ist durchaus gegen den allgemeinen Typus des letzten Zahnes der Gravigraden, sie findet sich nur bei mittleren Zähnen der Reihe. Ich kann also immer noch meinen, dass ein später auftretender hinterster Zahn diese typische Verschmälerung nach hinten besessen habe und dass der in REINHARDT's Figur verzeichnete vierte Zahn ein vorletzter gewesen sei.

Bei allen Gravigraden haben der erste und der letzte Zahn jedes Kiefers eine etwas eigenthümliche, von dem Umriss der übrigen Zähne abweichende Form. Selbst bei *Megatherium,* dessen sämmtliche Zähne die meiste Übereinstimmung in der Form der Zähne von allen Gravigraden-Gattungen besitzen und das hier hauptsächlich in Betracht zu ziehen ist, wegen seiner typischen Verwandtschaft mit dem Gebiss von *Coelodon*, sind nur die mittleren Zähne von gleichem vierkantigen Umriss; die des Oberkiefers von quadratischem, die des Unterkiefers von queroblongem; aber die Endzähne jeder Reihe neigen sich dem dreiseitigen Umriss zu, indem die freie, nicht den benachbarten Zähnen zugewendete Seite des Prisma's sich verschmälert und mehr wölbt, wodurch sie dem Dreieck sich annähert. Gerade so ist auch der deutlich sichtbare erste Zahn von *Coelodon* in REINHARDT's Figur dargestellt.

Es führt mich diese Vergleichung auf einen anderen Widerspruch Hrn. LÜTKEN's, indem derselbe behauptet, *Coelodon* stehe in nächster Verwandtschaft zu *Megalonyx*. Das ist eine unbegründete Ansicht. Beide Gattungen haben, nach den Darstellungen derselben durch LEIDY und REINHARDT, zwar eine gewisse Übereinstimmung im Bau ihrer Gliedmaassen, aber die entschiedenste Differenz des Schädeltypus widerspricht der näheren Beziehung derselben zu einander. Der Schädel

von *Coelodon* ist eine Zwergform des Schädels von *Megatherium*, mit der hauptsächlichsten Abweichung der blasigen Flügelbeine und des unterbrochenen Jochbogens. *Megalonyx* weicht von allen anderen Gravigraden durch die enorme Höhe und Kürze des Schnauzentheils im Schädelbau ab; sein erster Zahn ist, in Folge dieser Anlage, weit abgerückt von den anderen und nicht bloss der grösste, sondern von relativ ganz enormem Umfange. In diesem Punkte schliesst sich *Megalonyx* zunächst an die Arten von *Mylodon*, welche Gervais als *Lestodon* davon trennt; aber bei ihnen geht die Entwickelung der Schnauze mehr in die Breite, als in die Höhe, und das unterscheidet beide Gruppen auf den ersten Blick. Dagegen hat *Coelodon* den Schnauzentypus von *Megatherium*, freilich im verkleinerten Maasstabe, und einen höchst ähnlichen Zahnbau, dessen grössere oder geringere Übereinstimmung mit dem von *Megatherium* auf specifische Artunterschiede zurückzuführen ist, zumal wenn es sich bestätigen sollte, dass wirklich einzelne Arten beider Gattungen einen Zahn in jeder Reihe weniger besessen haben, als die anderen ächt typischen Arten. *Coelodon* führt, wie *Megatherium*, alle seine Zähne in ununterbrochener Reihe auf, nicht wie *Megalonyx* und *Mylodon* (nebst *Lestodon*) den vordersten Zahn jeder Reihe weit abgerückt, und weil diese weite Entfernung des ersten Zahnes im Unterkiefer dem *Mylodon Darwinii* abgeht, vielmehr derselbe dicht an die anderen drei herantritt, so fällt der abgerückte erste Zahn des Oberkiefers aus, und daher kommt es, dass die darauf von Reinhardt gegründete Gattung *Grypotherium* im reifen Lebensalter nur $\frac{4}{4}$ Zähne besitzt. Der Schädel des hiesigen Museums hat noch offene Alveolen im Oberkiefer; in dem von Reinhardt abgebildeten Schädel sind sie schon ganz mit Knochenmasse gefüllt, aber als Narben sichtbar geblieben.

Nach allen diesen Angaben und Betrachtungen muss ich bei meiner Ansicht beharren, dass die von mir als *Coelodon* gedeuteten Unterkiefer sehr wohl zu dieser Gattung gehören können und, wenn sie auch nicht mit den von Reinhardt beschriebenen Arten specifisch zusammenfallen, doch immer zu ihnen in allernächster Verwandtschaft stehen, also füglich eine besondere Unterabtheilung von *Coelodon* darstellen, welche sich zu den typischen Arten mit $\frac{4}{3}$ Zähnen ebenso verhalten wird, wie die typischen *Megatherium*-Arten mit $\frac{5}{4}$ Zähnen zu den subtypischen mit $\frac{4}{3}$ Zähnen.

Ob aber wirklich und lebenslänglich nur $\frac{4}{3}$ Zähne bei beiden Unterabtheilungen vorhanden bleiben, oder ob diese Zahl nur ihren frühesten Jugendzustand bezeichnet, das steht mir so lange noch dahin, bis ältere Thiere mit nur $\frac{4}{3}$ Zähnen in beträchtlicherer Körpergrösse aufzufinden sind.

Über das Gehirn der Knochenfische.

Von J. Steiner.

(Vorgelegt von Hrn. E. du Bois-Reymond.)

Im Anfange dieses Jahres habe ich die Ehre gehabt, der Akademie die Mittheilung zu machen, dass der des Grosshirns beraubte Knochenfisch *(Squalius cephalus)*, im Gegensatze zu allen bisherigen Kenntnissen, willkürlich sich zu bewegen und spontan seine Nahrung zu nehmen im Stande sei.[1] Inzwischen hat Hr. Vulpian in Paris diese Versuche an Karpfen wiederholt. Der berühmte Forscher bestätigte in freundlicher Weise die Resultate meiner Untersuchungen, womit jene Thatsachen ohne Zweifel auf alle Knochenfische zu übertragen sind.[2]

Es handelte sich in jener meiner ersten Mittheilung um die Fische, deren weitere Schicksale für uns eine Reihe weiterer Beobachtungen über Leistungen ohne Grosshirn einschliessen.

Vier Wochen, nachdem bei jenen Fischen das Grosshirn abgetragen worden war, innerhalb welcher Zeit sie, wie berichtet, mit Regenwürmern gefüttert worden waren, verweigerte zunächst der eine Fisch eines Tages die Annahme der Regenwürmer und hungerte einige Tage. Ich glaubte ihn krank, da er aber im Übrigen den Eindruck voller Munterkeit machte, so verfiel ich auf den naheliegenden Gedanken, ihm andere Nahrung anzubieten. Ich warf eine Küchenschabe *(Periplaneta orientalis)* auf die Oberfläche des Wassers und zu meiner Genugthuung holte er dieselbe mit zierlich gewandter Bewegung von der Oberfläche; ebenso holte er von dort kleine Brodstückchen, so dass er nunmehr auf diese Weise von Neuem gefüttert werden konnte.

Diese Thatsache beschloss ich zu einem neuen Versuche zu verwenden, durch welchen nämlich geprüft werden sollte, wie sich der

---

[1] Über das Grosshirn der Knochenfische. Diese Berichte 1886. 1. Hlbd. S. 5—9.

[2] Vulpian, Sur la persistance des mouvements volontaires chez les poissons osseux à la suite de l'ablation des lobes cérébraux. Compt. rend. 1886, T. CII. p. 1526—1530, und: Sur la persistance des phénomènes instinctifs et des mouvements volontaires chez les poissons osseux après l'ablation des lobes cérébraux. Note complémentaire. Ibid. T. CIII. 11 Octobre 1886.

gehirnlose Fisch gegen Farben verhält, indem geplant wurde, seine Nahrung in entsprechende Farben zu kleiden. Zu diesem Zwecke besorgte ich mir die runden farbigen Oblaten, wie man sie früher zu Briefverschlüssen verwandte. Von diesen warf ich vier weisse und nur eine rothe auf die Oberfläche des Wassers: der Fisch wählte regelmässig unter den fünf Oblaten zuerst die rothe und erst nachher die weissen; ein Versuch, welcher mehrere Male wiederholt werden konnte. Anders gefärbte Oblaten schienen nicht bevorzugt zu werden.

Durch den längeren Aufenthalt im Bassin waren die Fische sehr zahm geworden und zur Zeit, als sie noch Regenwürmer nahmen, glaubte ich darauf rechnen zu können, dass sie den Regenwurm direct von der Pincette nehmen würden, mit welcher ich denselben in das Wasser hielt. Der Fisch kommt langsam herangeschwommen, hält aber vor dem Regenwurm, betrachtet ihn aufmerksam, wie man an seinen Augenbewegungen sehen kann, nimmt ihn aber nicht, so sehr ich auch meine Geduld anstrenge. Nunmehr befestige ich den Wurm an einem längeren Faden, an dem ich ihn dem Fische zuwerfe, indem ich ein wenig von dem Bassin zurücktrete: sogleich schnappt er danach und verschlingt ihn sammt dem Faden, den ich aus dem Rachen herausziehen muss.

Von den drei Fischen war der eine sechs Wochen nach der Operation durch nächtliches Herausspringen aus dem Bassin verunglückt; die zwei anderen erlagen $4^1/_2$ Monate nach der Operation einer Pilzinvasion. In allen drei Fällen ergab die Autopsie die tadellose Abtragung des Grosshirns; eine Regeneration war überhaupt nicht vorauszusetzen.

Inzwischen sind noch weitere Fische in gleicher Weise operirt und an ihnen sowohl jene Beobachtungen wiederholt als folgender Versuch hinzugefügt worden, durch welchen entschieden werden sollte, wie sich ein des Grosshirns beraubter Fisch im Kampfe um's Dasein zu seinem unversehrten Genossen stellen würde.

In ein Bassin werden zu gleicher Zeit ein operirter und ein unversehrter Fisch von etwa gleicher Grösse gesetzt; beide unterliegen den gleichen Bedingungen der Gewöhnung an die umgebenden Verhältnisse. Wirft man ihnen einzelne Regenwürmer zu, so ist es jedesmal der operirte Fisch, welcher sie fängt, und sein unversehrter Genosse müsste unterliegen, wenn man ihm nicht hinter dem Rücken des rücksichtslosen Gefährten etwas zustecken würde. Füge ich noch hinzu, dass die beiden Fische im Übrigen mit einander spielen, wie zwei unversehrte Tiere, so habe ich vorläufig die Schilderung der Leistungen erschöpft, welche ich bei den grosshirnlosen Fischen beobachten konnte.

Aus den Versuchen erfahren wir also, dass grosshirnlose Knochenfische nach einiger Zeit einen Wechsel ihrer Nahrung verlangen, d. h. dass sie, wie wir es auch ansehen mögen, eine Qualität besitzen, welche dem »Geschmack« gleichkommt. Wir sehen, dass sie durch »roth« besonders erregt werden, d. h. dass sie die Farbe »roth« unterscheiden. Wir sehen, dass sie ihre Begierden meistern und den Regenwurm, welcher von einer Hand geboten wird, als ein Danaërgeschenk zurückweisen, d. h. dass sie auswählen, überlegen; ja selbst im Kampfe um's Dasein stehen sie gegen ihren begrosshirnten Gefährten nicht zurück.

Da wir gewohnt sind, alle diese Qualitäten als ausschliessliches Eigenthum des Grosshirns zu betrachten, so fragen wir, was bleibt nach allen diesen Leistungen dem Grosshirn der Knochenfische zu leisten noch übrig?. Wir antworten: nichts. Alle diese Leistungen gehören dem Mittelhirn (von weiter rückwärts gelegenen Theilen kann füglich nicht die Rede sein).

Wenn das richtig ist, so erhebt sich weiter die Frage, wie konnte es unter diesen Verhältnissen zur Anlage eines Grosshirns überhaupt kommen? Diese Frage werden wir später zu beantworten versuchen, indess möchte hier noch bemerkt werden, dass das Fehlen des Grosshirnmantels bei den Knochenfischen, worauf ich seiner Zeit hingewiesen hatte,[1] zur Erklärung nicht ausreicht. So interessant diese Thatsache für die Morphologie auch sein mag, für die Physiologie dürfte sie, wie ich demnächst durch Versuche zu zeigen gedenke, bedeutungslos sein.

[1] A. a. O. S. 8.

Übersicht der Ergebnisse einer anatomischen Untersuchung über den Zitterwels (*Malopterurus electricus*).

Von Prof. G. Fritsch.

(Vorgelegt von Hrn. E. du Bois-Reymond.)

1. Das elektrische Organ des Zitterwelses gehört zum Hautsystem des Thieres. Die elektrischen Scheiben charakterisiren sich histologisch als elektrische Riesenzellen und sind mit grosser Wahrscheinlichkeit von embryonalen Zellkörpern der Haut herzuleiten, welche drüsige Natur zeigten. Es giebt nur ein elektrisches Organ des Welses, wie es nur eine Hautanlage giebt.

2. Die Anordnung der elektrischen Scheiben in der Haut, welche der Regel nach eine transversale Stellung einhalten und einen nach dem Schwanzende gerichteten Nervenansatz tragen, erleidet gegen die Endigung des Organs zu eine Einbusse, indem hier auch den Oberflächen der Haut parallele und widersinnig gestellte Scheiben vorkommen.

3. An den Organenden tritt an Stelle des elektrischen Gewebes das sogenannte indifferente Gewebe, welches in der Hautanlage das erstere ersetzt und sich histologisch als taubes, d. h. nicht mit elektrischen Riesenzellen durchsetztes Gewebe, darstellt. Die scheinbar dicht geschlossenen sehnigen Grenzen sind nicht scharf; sie tragen ebenso wie die medianen Theilungen zwischen beiden Organhälften einen secundären Charakter und entstehen wie die Fachwände zwischen den elektrischen Scheiben erst spät unter Zusammendrängung der benachbart verlaufenden Bindegewebsbündel.

4. Die Gesammtzahl der elektrischen Scheiben eines Fisches beträgt nach Zählung und Schätzung über 2 Millionen. In einer Reihe hintereinander vom Kopf bis zum Schwanzende lagern etwa 1600; in einem Querschnitt aus der Organdicke rund 3000; bei einem mittelgrossen Zitterwels enthält ein Cubikcentimeter Organ etwa 14000. Bei kleinen Fischen stehen in derselben Längeneinheit

soviel mehr Scheiben im Vergleich mit grossen, als der geringeren Gesammtgrösse des Körpers entspricht. Die Scheiben rücken also beim Wachsthum des Thieres durch Wucherung und Vermehrung der Zwischensubstanz bei gleich bleibender Zahl auseinander (Gesetz der Praeformation der Elemente).

5. Die elektrischen Scheiben stehen ganz allgemein gegen das hintere Organende zu lockerer als vorn, und zwar beträgt das sich hinten ergebende Minus auf die Längeneinheit berechnet in runder Zahl etwa 20 Procent.

6. Das relative Organgewicht (Körpergewicht dividirt durch Organgewicht) beträgt durchschnittlich 3.106 oder, als Index berechnet (das Körpergewicht = 100 gesetzt) 34.769.

7. An den elektrischen Scheiben unterscheidet sich eine breitere, festere Randzone von dem mehr schleimigen Inneren. In ersterer lagern die zahlreichen, häufig doppelten Kerne, welche von einem in Fortsätze auslaufenden Hof eines klaren Protoplasma's umgeben sind. Die Substanz der Randzone ist nach aussen zu in geperlte Stäbchen differenzirt, zwischen denen feine Porenkanäle übrig bleiben, die als Streifung des Randes gesehen werden.

An der Vorderseite der Scheiben ist diese Differenzirung schärfer ausgeprägt als an der hinteren; dagegen kommt es an letzterer leichter als vorn bei der Conservirung zur Ausscheidung von Tröpfchen oder Körnchen, die mit Kupferhaematoxylin stark färbbar sind. Das Innere lässt im frischen Zustande keinerlei Structur erkennen, im coagulirten Zustande aber ein unregelmässiges, sehr zartes, körniges Netzwerk wie geronnener Schleim.

8. Die elektrischen Scheiben sind von einer deutlichen cuticularen Membran umgeben, welche sich von der Vorderseite zuweilen in grösseren Fetzen abhebt und dann Eindrücke der vorher dagegen angelagerten Stäbchenenden erkennen lässt. An der Hinterseite ist die Membran zarter, fest anliegend und steht am sogenannten Krater der Scheibe mit dem reticulären Gewebe, welches die Höhlung um den Stielansatz ausfüllt und mit der Scheide des Stieles selber in unmittelbarer Verbindung.

9. Ebenso verschmilzt die stielförmige Verlängerung der Scheibe mit dem an sie herantretenden Nervenfädchen unter Aufquellung des Axencylinders so vollständig, dass mit keinerlei Reagenz fernerhin eine Grenze festzustellen ist.

Durch diese absolute Vereinigung des Inhaltes sowohl wie der Scheiden charakterisirt sich das Ganze als eine richtige, celluläre Nervenendigung, in welcher das zellige Endorgan wie der Nervenansatz ihre Individualität haben in einander aufgehen lassen.

10. Nach Osmiumsäure-Einwirkung erkennt man im Stiel der Scheibe gelegentlich die Andeutung fibrillärer Streifung.

11. Ein durch Osmium zu schwärzendes Fettmark pflegt die Nervenfaser nicht bis an das Gebiet des Stieles zu begleiten, sondern meist nur bis an die letzten Theilungen. Die Substanz, welche den nun zu einer feinkörnigen Substanz aufquellenden Axencylinder innerhalb der Henle-Schwann'schen Scheide umgiebt, bleibt auch nach Osmium-Einwirkung hell.

12. In den feinsten, den Stielen zustrebenden Nervenfäserchen, wo der ausserordentlich dünne Axencylinder von einer spärlichen Markscheide umgeben ist, finden sich dicht gestellte Ranvier'sche Einschnürungen von gestreckter Gestalt mit meist kenntlichem »Renflement biconique« Ranvier.

13. Sowohl in den Aesten, wie im Stamm des elektrischen Nerven bildet der regelmässig gerundete Axencylinder, an dem fibrilläre Streifung nicht nachweisbar ist, den kleinsten Theil des Dickendurchmessers (etwa ein Hundertstel). Die grösste Masse des Nerven wird durch die Scheiden gebildet, von welchen die auf die Markscheide folgende, innere reticuläres Gewebe zeigt und als Modification der Henle-Schwann'schen Scheide aufzufassen ist. Die dadurch abgegrenzte Nervenprimitivfaser wird von concentrischen Schichten scheidenbildenden gewöhnlichen Bindegewebes in grosser Zahl umgeben, zwischen denen auch Gefässe und Nerven verlaufen.

14. An den Theilungsstellen des elektrischen Nerven theilt sich zunächst die Primitivfaser und drängt sich in mannigfachen, vielfach rückläufigen Windungen durch die secundären Hüllen, die sich erst allmählich der Abzweigung anschliessen.

15. Der Axencylinder des elektrischen Nerven tritt noch von der Markscheide begleitet in das Rückenmark ein, wo er sich mit stark verbreiterter Basis an eine durchlöcherte Platte anfügt, welche durch Verschmelzung einer grossen Zahl von Protoplasmafortsätzen einer Riesenganglienzelle entsteht. Der eigentliche Zellkörper lagert innerhalb des Flechtwerkes dieser Fortsätze in beträchtlichem Abstand von dieser Fussplatte des elektrischen Nerven. Der Zwischenraum ist besonders durch Blutcapillaren, mit Gruppen von Markfasern untermischt, ausgefüllt.

16. Die beiden Ganglienzellen setzen sich in querer Richtung durch ein die Mittellinie überschreitendes mächtiges System von Commissurfasern in Verbindung.

17. Da der auch am Ursprung nur mässig dicke Axencylinder jede einzelne der nach Millionen zählenden elektrischen Scheiben zu versorgen hat; so muss die Summe der Querschnitte seiner Theilungen

zunehmen. Die Messung ergiebt, dass schon bis zum Eintreten in das Organ die Summe der Axencylinderquerschnitte in den Hauptästen auf etwas über das Doppelte gestiegen ist. Im Organ muss die Zunahme an den verstärkten Nervenansätzen der Stiele enorm sein; die Schätzung ergiebt eine solche auf das etwa 346000-fache des Ursprungs.

18. Der Zitterwels besitzt ein vollständiges Seitennervensystem, welches demjenigen der gewöhnlichen Siluroiden durchaus ähnlich ist. Der elektrische Nerv stellt einen bestimmten Theil des Systemes dar, welcher, meist vom Trigeminus stammend, auch bei den anderen Welsen dem Gebiet des Vagus zugewiesen ist.

19. Die Innervation der Seitenlinie wird nicht von abwärts ziehenden Dorsalnerven versorgt, sondern von einem Ast des vagalen Seitennerven, welcher hinter der Kiemenspalte zwischen dem elektrischen Organ und dem Corium sich zur Seitenlinie begiebt, der er nun bis in den Schwanzabschnitt folgt.

20. Die Seitenlinie ist mit eigenthümlichen Schornstein ähnlichen Communicationsröhren nach Aussen versehen; im Kanal derselben lagern sehr vollkommen entwickelte Sinnesorgane von complicirtem Bau.

Im Epithel dieses Kanales sowie der zugehörigen Kopfkanäle finden sich sogenannte »Körnerzellen« von geringer Grösse eingestreut.

21. Die an zelligen Elementen sehr reiche Epidermis zeigt stark entwickelte Kolbenzellen mit Doppelkernen, welche als die Geschwisterkinder der elektrischen Riesenzellen betrachtet werden können. Sie zeigen drüsigen Charakter. Die Epidermisoberfläche wird durch zottenartige Verlängerungen des Coriums stellenweise erhoben, während sie zwischen den Zotten zu schlauchförmigen Vertiefungen einsinkt.

22. Die Geschechtsdrüsen, zumal die des männlichen Geschlechtes, werden gewöhnlich sehr unentwickelt angetroffen. Die Gestalt der Cloake ist bei beiden Geschlechtern in bestimmter Weise unterschieden.

23. Parasiten finden sich beim Zitterwels nicht nur im Darm, sondern es dringen sich einkapselnde Rundwürmer selbst in das elektrische Organ ein.

Bericht über eine mit Mitteln der Humboldt-Stiftung unternommene Reise nach den Sandwichs-Inseln, zur Erforschung der dort herrschenden Lepra.

Von Dr. Ed. Arning.

(Vorgelegt von Hrn. Virchow.)

Ich habe mich in Hawaii $2^1/_2$ Jahre lang aufgehalten, und wesentlich in Honolulu in der dortigen Leproserie, dann in der grösseren Lepra-Colonie auf der Insel Molokai, sowie schliesslich bei Bereisung der fünf grösseren Inseln der Gruppe meine Beobachtungen gemacht. — Zieht man in Erwägung, dass die grösste der Inseln ein Areal von gleicher Grösse wie das der Provinz Holstein besitzt, aber ohne die gleichen Communicationsbedingungen, dass ferner die einzelnen Inseln doch alle eine, einen halben bis zwei Tage lange Dampfbootfahrt von Honolulu aus beanspruchen, dazu, dass die eingeborene Bevölkerung in einem sehr lebhaften Reiseverkehr zwischen den einzelnen Inseln sich gefällt und ihre verwandtschaftlichen Beziehungen nicht auf einzelne abgeschlossene Gemeinden beschränkt, sondern über die ganze Inselgruppe ausdehnt, — nimmt man, sage ich, auf alle diese Verhältnisse Rücksicht, so wird man einsehen, dass die erwünschte und erwartete leichte Übersicht des Terrains in Bezug auf die Verbreitung der Krankheit nicht in dem erhofften Maasse auf den Sandwich-Inseln vorhanden ist.

Dazu kommt, dass nachweisbar die Lepra sich bereits in den dreissiger Jahren dieses Jahrhunderts auf den Inseln eingenistet hat und nicht erst, wie früher angegeben ward, in den fünfziger Jahren eingeschleppt worden ist. Es resultiren daraus jetzt bereits Kranke in der dritten und vierten Generation. Weiteren Schwierigkeiten begegnet man auf Grund der berechtigten Furcht vor der gesetzlich formell bestehenden Segregation und dem bekanntermaassen zu trügerischen Angaben neigenden Sinn der Polynesier. Beide Umstände machen es fast unmöglich, glaubhafte Anamnesen und verlässliche Angaben über die so wie so lockeren Familienverhältnisse zu erlangen. Je länger ich im Lande blieb, den Charakter der Eingeborenen und

die verschiedenen Auffassungen der Landärzte und Polizeiorgane über Lepra und die Diagnose derselben kennen lernte, und mit eigenen Augen die grosse Zahl der Leprösen sah, die nicht segregirt über die sämmtlichen Inseln zerstreut wohnen, desto mehr wurde mir ersichtlich, wie wenig positiven Werth für die wahre Kenntniss der Lepra die statistischen Angaben über die Verbreitung und Vertheilung der Lepra auf den Hawaiischen Inseln besitzen, auch wenn sie, wie in den neuerlichen Veröffentlichungen der Regierung mit pomphaften Zahlentabellen und mit umständlicher Publicirung alten und neuen Actenmaterials des nichts weiter als einen persönlich-politischen Factor darstellenden Gesundheitsamtes einhergehen.

Auch in Bezug auf therapeutische Versuche müssen bei dem kindlich abergläubisch und für gewissenhafte Durchführung einer fortgesetzten Behandlung gar zu wankelmüthigen Charakter der Eingeborenen die Erfahrungen zurücktreten gegen solche, wie es in den wohlgeordneten Lepraspitälern Norwegens und auch wohl an einzelnen, in sorgfältiger klinischer Behandlung befindlichen Fällen gemacht werden können.

Diejenigen Punkte hingegen, auf die ich mit mehr Vortheil mein Augenmerk richten zu können glaubte, sind folgende:

1. Sammlung pathologisch-anatomischen Materials, das mir von 18 ausgeführten Sectionen zu Gebote steht.
2. Beachtung der Initialformen der Krankheit und besondere Berücksichtigung der 25 mir zur Beobachtung gekommenen Fälle von Lepra in der weissen Bevölkerung. Unter dieser letzteren habe ich leider zwei Ärzte und drei katholische Priester zu verzeichnen.
3. Bakteriologische Untersuchung und lange beobachtete Inoculationsversuche.

I. Was den ersten Punkt anbetrifft, so werde ich die bereits von Danielssen und Boeck und seither auch von anderen als leprös signalisirten Veränderungen der Viscera, vorzüglich der Lungen, Leber, Milz, des Darms und der Mesenterialdrüsen, in vollem Maasse bestätigen können. Ich werde eine Pleuritis miliaris und eine Peritonitis miliaris leprosa, eine Phthisis pulmonalis leprosa, eine Enteritis ulcerosa leprosa u. s. w. beschreiben können mit charakteristischen Unterscheidungsmerkmalen von den analogen tuberculösen Processen, auf welche diese Veränderungen bei Lepra meistens bezogen worden sind. Als neuen, bisher noch nicht beschriebenen Befund möchte ich das Auffinden von Lepra-Bacillen im Stroma eines noch unreifen Ovariums anführen. Sie finden sich hier im kleinzellig-infiltrirten Gewebe zwischen den Follikeln, und es dürfte wohl in solcher Oophoritis leprosa der Grund für die

oft zu beobachtende mangelhafte Entwickelung und Sterilität der weiblichen Leprösen zu suchen sein.

Das mitgebrachte Material besteht in den von den 18 Sectionen getrennt aufbewahrten Organtheilen, einigen completen Gehirnen, Rückenmarken und Extremitäten. Ganze Organe zur Conservirung zur Seite zu schaffen, gelang bei der Wachsamkeit der Kanaka nur in den seltensten Fällen. Neben diesem Material habe ich mich bemüht, durch Photographie und Gypsabgüsse die hauptsächlichsten Typen der leprösen Erkrankungsformen zu fixiren. Die Gypsabgüsse stellen eine complete Serie von Händen und Füssen mit ganz geringen Erkrankungssymptomen bis zu den schwersten, mutilirten Formen, die Gesichtsmasken besonders intensive oder häufig wiederkehrende Typen der Krankheit dar.

II. Die Unterscheidung von tuberösen Formen und solchen von reiner Nervenlepra sind als praktische Haupteintheilung vielleicht beizubehalten, wenngleich es keine einzige tuberöse Form ohne Nervenlepra und nur sehr vereinzelte ganz reine Formen von Nervenlepra giebt, d. h. solche, wo keine anderen Veränderungen der Cutis bestehen, als trophoneurotische. In dreien dieser reinen Nervenfälle habe ich durch Nervenexcisionen *intra vitam* den bisher ausstehenden Nachweis der mykotischen Neuritis beibringen können. — In Bezug auf die Hautläsionen wird eine durchgehende, systematische Classificirung der verschiedenen Erscheinungsformen zu machen sein. Man wird etwa unterscheiden müssen zwischen Initialformen und den Efflorescenzen auf Basis der ausgebildeten Krankheit. Jene scheiden sich wieder in solche von secundärer Natur, wo die primäre Läsion im Nerven zu suchen ist, und solche, welche, von Anfang an unter dem Bilde einer entzündlichen Neubildung auftretend, eine primäre lepröse Hautaffection darstellen. Diese ausserordentlich seltene Initialform, die ich in ein gleiches Verhältniss zur Lepra stellen möchte, wie es der Lupus zur Tuberculose einnimmt, darf man vielleicht einen wahren leprösen Primäraffect nennen; sonst ist es mir aber niemals, trotz sorgfältiger Berücksichtigung gerade dieses Punktes, gelungen, typische Primäraffecte, die sich etwa denen der Lues an die Seite stellen würden, aufzufinden. Ich habe, um Initialformen kennen zu lernen, vielfache Untersuchungen angeblich Gesunder gemacht, und besonders bei systematischer und genauer Untersuchung ganzer Schulen solche Hautveränderungen gefunden, welche ich als bereits lepröse auffasse. Sie waren fast durchgängig trophoneurotischer Natur, hatten zum Theil bereits Jahre lang unverändert bestanden, zum Theil sich allmählich verschlimmert oder waren in anderen Fällen zurückgetreten und an anderen Stellen wieder zum Vorschein gekommen. In allen Fällen

waren die subjectiven Symptome doch so eigenthümlicher Natur, dass die Betroffenen von der Existenz dieser Hautveränderungen wussten, sie aber meistens aus einer unbestimmten Furcht zu verbergen suchten. In einzelnen dieser Fälle haben sich unter meinen Augen, manchmal in acutester Weise, andere Symptome von Lepra entwickelt, ohne dass jedoch irgend ein Typus einer acut eintretenden Infection aufgestellt werden könnte, als welche man bisher, durch das Bild der Lues verleitet, die Lepra hat auffassen wollen. Typische Stadien der Incubation, Prodrome und fieberhaften Ausbruch einer Efflorescenz, wie aus den Lehren der Norweger in unsere Lehrbücher bei der Beschreibung der Lepra übergegangen ist, habe ich nicht beobachten können. Dasjenige, was vielfach noch als Initialsymptom beschrieben wird, das Auftreten von kupferrothen Flecken, pemphigusartigen Blasen u. s. w., ist nach meiner Erfahrung und Auffassung eine Äusserung der oft bereits seit Jahren bestehenden leprösen Infection; die Begriffe Incubation und Latenzstadium sind für die Lepra entbehrlich.

Dieses Einschleichen des Krankheitsgiftes in den Organismus, welches die Krankheit viel eher als eine Schwester der Tuberculose, als der Lues erscheinen lässt, ist gerade dasjenige Moment, was uns bisher so wenig über die frühzeitige Diagnose der Krankheit hat hören lassen und was die Verbreitung der Krankheit trotz der härtesten Maassnahme, welche die Hygieine kennt, der Segregation, bedingt. Eine solche wird nie etwas anderes bedeuten können, als eine Elimination solcher Mitglieder der Bevölkerung, welche durch die schon weit vorgeschrittene Lepra mehr Abscheu als Mitleid erregen und allerdings, da sie thatsächlich Brutstätten eines anscheinend nur auf den Menschen beschränkten Parasiten darstellen, als gefährliche Mitglieder der Gemeinde zu betrachten sind. Von diesem Gesichtspunkte aus habe ich auch der Hawaiischen Regierung die Beibehaltung der Segregation dringend anempfohlen, indem ich aber gleichzeitig betonte, dass ich es für gleich unmöglich hielte, in Hawaii alle Leprösen zu segregiren, als etwa in Europa alle Tuberculösen. Ich habe mir gestattet, auch diesen Punkt der Segregation in diesem kurzen Bericht zu berühren, obwohl er mit der eigentlichen wissenschaftlichen Mission nur in bedingtem Zusammenhange steht. Er ist jedoch von einer hohen allgemein menschlichen Bedeutung und es kommt dazu, dass die Frage erst volle Würdigung finden kann, wenn unsere Beziehungen zur Lepra intimere sind als solche, die auf der Beobachtung vereinzelter Fälle oder vorübergehende Besichtigung von Leproserien beruhen. Der zweieinhalbjährige Aufenthalt in einem Lande, wo die Lepra alle Empfindungen sowohl der Eingeborenen als der Fremden dominirt, modificirt manches vorgefasste Urtheil.

III. Die bakteriologischen Untersuchungen richteten sich hauptsächlich darauf, die bisher noch nicht erzielte Reincultur des Bacillus leprae zu erzielen. Ich habe auf diese Versuche sehr viel Zeit verwendet, da sie bei der Abwesenheit geschulter Assistenz mein persönliches Handanlegen bis in das kleinste Detail der Vorbereitung und Beaufsichtigung erforderten. Es ist mir aber nicht gelungen, auf irgend einem festen Nährboden (Blutserum, Fleischpeptongelatine, Agar-Agar mit Fleischinfus, Agar-Agar mit Fischinfus, Kartoffel, Taro, Bananen) eine Reincultur zu erzielen. Gleichzeitige Inoculationsversuche, die sich auf Ratten, Meerschweinchen, Kaninchen, Tauben, Schweine und Affen bezogen und wobei einzelne der Versuchsthiere $2^1/_4$ Jahre nach der Inoculation, alle aber Monate hindurch, beobachtet werden konnten, blieben sämmtlich ohne Resultat. Die Inoculationen fanden statt in die vordere Augenkammer, unter die Conjunctiva bulbi, in die Peritonaealhöhle, in das subcutane Gewebe, in die Cutis selber und in den Ulnarnerven. Bei manchen der Thiere konnte nach Monaten an den Inoculationsstellen der Bacillus leprae nachgewiesen werden, jedoch ist es bei meinen Versuchsthieren nie zu allgemeinen Symptomen gekommen. Worauf es beruht, dass die neuerdings von Ohrtmann gemeldeten positiven Impfergebnisse bei Kaninchen gelangen und in wie weit sie sich bestätigen und wiederholen lassen werden, ist zur Zeit wohl noch nicht zu entscheiden. Die gleichzeitigen Versuche von Schottelius blieben, wie die meinigen, negativ. Über einen wichtigen bakteriellen Befund habe ich zum Schluss noch kurz zu berichten: Bei Gelegenheit von missglückten Culturversuchen mit Stückchen von Lepraknoten fiel mir auf, dass nach Wochen in dem vollständig verfaulten Lepragewebe sich die Leprabacillen noch sehr reichlich erhalten hatten. Ein Gleiches konnte ich an faulendem Lepraeiter, an den Zerfallsproducten einer drei Monate nach dem Tode exhumirten Lepraleiche, an absichtlich unter den günstigsten Fäulnissbedingungen gehaltenen und in faulenden Flüssigkeiten Monate lang aufbewahrten Gewebsstückchen beobachten, und zwar sind die Leprabacillen in diesen Massen, wo nach Monate langer Fäulniss alle Gewebselemente vollständig zerfallen und die Fäulnissbacillen selber fast wieder verschwunden sind, so massenhaft und prädominirend vorhanden, dass geradezu an eine Vermehrung gedacht werden kann. Eine Flüssigkeit, welche aus Wasser mit einem seit März 1885 darin befindlichen kleinen Leprastückchen besteht, ist jetzt fast nichts als eine Aufschwemmung von dichten Haufen von Leprabacillen. Einwände gegen diesen Befund, der, wenn er sich bestätigen sollte, für die aetiologische Rolle der Leprabacillen eine neue Basis abgeben und sie zu den hygieinischen und klinischen Relationen der Krankheit in leicht

anzupassende Beziehung bringen würde, können vorläufig noch nach mancherlei Richtung gemacht werden. Es kann behauptet werden, dass es sich nicht um Leprabacillen, sondern um einen andern Bacillus von genau denselben tinctoriellen Eigenschaften handle, zweitens dass keine Vermehrung, vielleicht nicht einmal Lebensfähigkeit, vorliege, sondern nur die abgestorbenen Bacillen des macerirten Gewebes vorhanden seien. Entscheidend wäre neben Controlversuchen mit faulenden Theilen von normalen, Syphilis- und Tuberkel-Geweben das noch etwas unsichere Thierexperiment. Die Reihe der Controlversuche will ich jetzt aufnehmen und mit dem vorhandenen Material dieser Bacillenmengen die in Honolulu negativ gebliebenen Thierinoculationen wieder aufnehmen.

Ausgegeben am 9. December.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1886.

LI.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN

9. December. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Mommsen.

Hr. Hirschfeld las: Die kaiserlichen Grabstätten in Rom. Die Mittheilung folgt umstehend.

Die Akademie hat ihr ordentliches Mitglied Hrn. Websky am 27. November durch den Tod verloren.

Die kaiserlichen Grabstätten in Rom.

Von Otto Hirschfeld.

Die Errichtung eines Grabmals für das Kaiserhaus reicht zurück bis in die ersten Anfänge des Principats. Noch in demselben Jahre, in welchem Caesar's Sohn und Nachfolger auf seine ausserordentliche Machtvollkommenheit Verzicht leistete und im Einverständniss mit dem Senat die künftige Gestaltung der Reichsverwaltung vorbereitete, im Jahre 726, hat derselbe für sich und die Seinigen eine Ruhestätte bereitet, die an Pracht hinter dem glänzendsten Grabmale des Alterthums, dem Mausoleum von Halikarnasos, kaum zurückgestanden haben dürfte, wie auch bereits in früherer Zeit der Name Mausoleum auf das Kaisergrab in Rom übertragen worden ist.[1] Sicherlich war es nicht der Gedanke an einen nahen Tod, sondern politische Erwägungen, die den damals erst fünfunddreissigjährigen zu diesem Bau veranlassten: die Gewissheit, dass das Julische Geschlecht für alle Zukunft zur Herrschaft berufen sei, sollte auch in seinem an Glanz alle ähnlichen Anlagen in Rom übertreffenden Grabmal zu lebendigem Ausdruck gelangen. Es mag sein, dass auch der Besuch des Ptolemaeergrabes in Alexandreia, das die Leiche Alexanders des Grossen barg, in dem Nachfolger der aegyptischen Könige den Gedanken erweckt hat, seinem Hause eine ähnliche Grabstätte zu bereiten und dieselbe zu einem öffentlichen Denkmale[2] und zu einem Prachtbau zu gestalten, von dessen Grossartigkeit uns Strabo's kurze Schilderung, wie die noch erhaltenen Ruinen Zeugniss ablegen. Gewiss ist es kein Zufall, dass dasselbe auf dem Marsfelde gelegen war, auf dem bestattet zu werden nur hervorragenden Männern und Frauen, wie Sulla, der Tochter des Dictator Caesar Julia, den im Kampfe für die Republik gefallenen Consuln Hirtius und Pansa vom Senat als höchste Ehre gewährt worden war,[3] und ohne Zweifel hat auch die Anlage des Mausoleums auf diesem geweihten Boden nicht ohne die Zustimmung des Senates erfolgen dürfen. Das Grabmal der Octavier[4] konnte selbstverständlich von dem in das Julische Geschlecht übergegangenen nicht mehr benutzt werden; es wird nur noch einmal

im Jahre 25 n. Chr. bei dem Tode des in thatsächlicher Verbannung in Massilia gestorbenen L. Antonius, des Sohnes des Julius Antonius erwähnt, dessen Gebeine auf Senatsbeschluss in dem *tumulus Octaviorum* beigezetzt worden sind (Tacitus ann. 4 c. 44). Vielleicht ist in demselben auch seine im Jahre 743 oder 744 gestorbene Grossmutter Octavia, die edle Gemahlin des Marcus Antonius begraben worden, wenigstens ist dieselbe sicherlich nicht in dem Antonier-Grabmal beigesetzt worden, da sie bereits im Jahre 722 von ihrem Gatten den Scheidebrief erhalten und sein Haus verlassen hatte. Eher könnte ihre Asche in dem kaiserlichen Grabmale Aufnahme gefunden haben, wenn sie auch dem Julischen Geschlechte nicht angehörte. Doch würde schwerlich der auch in Angaben dieser Art so gewissenhafte Dio bei der ausführlichen Beschreibung ihres Leichenbegängnisses, das ihr kaiserlicher Bruder mit grossem Glanze vollzog,[5] dies anzuführen unterlassen haben, und auch in den gleich zu erwähnenden Versen des epicedion Drusi wird zwar ihr Name neben den im Mausoleum beigesetzten Mitgliedern des Kaiserhauses genannt, ohne dass jedoch ihre Bestattung in demselben mit Nothwendigkeit daraus gefolgert werden müsste.

Das Familiengrab der Julier ist seit Errichtung des Kaisergrabes geschlossen geblieben und wenn Tacitus (ann. 16, 6) von dem *tumulus Juliorum* spricht, so ist darunter das Mausoleum zu verstehen, das daneben auch als *tumulus Augusti* oder *Caesarum* (Tacitus ann. 3, 4 und 9) oder dichterisch (Martial II, 59, 2) als *Caesarum tholus* bezeichnet wird. Der Dictator Caesar ist allem Anschein nach der Letzte gewesen, dessen Überreste in dem Julischen Familienbegräbniss beigesetzt worden sind; βωμὸν δέ τινα — so berichtet Dio 44, 51 — ἐν τῷ τῆς πυρᾶς χωρίῳ ἱδρυσάμενοι — τὰ γὰρ ὀστᾶ αὐτοῦ οἱ ἐξελεύθεροι προανείλοντο καὶ ἐς τὸ πατρῷον[6] μνημεῖον κατέθεντο. Über die Lage desselben ist nichts bekannt. Gewiss aber wird man es nicht mit Becker (Topographie S. 639 Anm. 68) im Marsfelde suchen dürfen, da private Grabstätten dort überhaupt nicht vorhanden waren. Der Irrthum ist dadurch hervorgerufen worden, dass allerdings die Verbrennung und ohne Zweifel auch die Bestattung des Dictators im Marsfelde neben dem Grabe seiner Tochter beabsichtigt war,[7] aber nach der tumultuarischen Verbrennung auf dem Forum nicht zur Ausführung gelangt ist. Dass das Grab Caesar's später nirgends erwähnt wird, kann nicht Befremden erregen: nicht das Grab, das die Gebeine des sterblichen Menschen barg, sondern der dem zum Gotte Gewordenen errichtete Tempel musste fortan Object der Verehrung werden. Von einer Überführung der Gebeine in das auf dem Marsfelde ihm bereitete Grab oder etwa später in das kaiserliche Mausoleum ist nirgends die

Rede; dieselben mögen daher dauernd in dem Julischen Familiengrabe verblieben sein.

Der Erste, der in das Mausoleum seinen Einzug gehalten hat, ist der Neffe und Schwiegersohn des Augustus, der zur Thronfolge bestimmte Marcellus, der im Jahre 731 in jugendlichem Alter seinen Tod gefunden hat. Schon hier tritt sofort deutlich hervor, dass dies Grabmal nicht allein dem Julischen Geschlechte, sondern den Anverwandten des Kaiserhauses im weiteren Sinne zu dienen bestimmt war, wie dies auch Strabo (V, 3, 8) mit den Worten: ὑπὸ δὲ τῷ χώματι θῆκαί εἰσιν αὐτοῦ καὶ τῶν συγγενῶν καὶ οἰκείων andeutet. Die Beisetzung des Marcellus in dem nahe dem Tiberufer gelegenen Mausoleum bezeugen Vergil (Aen. VI, 873 *quae, Tiberine, videbis funera, cum tumulum praeterlabere recentem)*, Dio (53, 30) und der Dichter des sogenannten epicedion Drusi, dessen Verse (65ff.) für die Verwendung des Mausoleums in den ersten zwanzig Jahren nach seiner Erbauung ein nicht unwichtiges Zeugniss ablegen. Dieselben lauten:

vidimus erepta maerentem stirpe sororis:
luctus ut in Druso publicus ille fuit;
condidit Agrippam quo te, Marcelle, sepulcro,
et cepit generos iam locus ille duos;
vix posito Agrippa tumuli bene ianua clausa est,
percipit officium funeris ecce soror.
Additur[8] *ante datis iactura novissima Drusus,*
a magno lacrimas Caesare quartus habet.
Claudite iam, Parcae, nimium reserata sepulcra,
claudite: plus iusto iam domus ista patet.

Die Glaubwürdigkeit dieses Zeugnisses ist bekanntlich in Zweifel gezogen worden; Moritz Haupt hat in eingehender und scharfsinniger Begründung[9] den Nachweis versucht, dass das Gedicht nicht antiken Ursprunges, sondern das Machwerk eines italienischen Gelehrten des 15. Jahrhunderts sei. Dass dieser Nachweis misslungen ist, dass kein einziger entscheidender Grund gegen die Echtheit des Gedichtes, dagegen die Erwähnung des Flusses Isargus (heute Eisack) und des Dacius Appulus (v. 386ff.) entschieden für den antiken Ursprung des Gedichtes spricht, ist heute wohl fast allgemein anerkannt, wenn auch die Ansichten über die Zeit, in der dies Gedicht entstanden ist, vielfach auseinandergehen.[10] Meines Erachtens haben wir es nicht nur mit einem antiken, sondern mit einem, wenn auch nicht unmittelbar nach dem Tode des Drusus, so doch noch gegen Ende der Augustischen Zeit[11] verfassten Gedicht zu thun. Nach der Regierung des Kaisers Claudius, des Sohnes des Drusus, würde überhaupt schwerlich Jemand auf den Gedanken gekommen sein, einen solchen Stoff dichterisch zu gestalten; wären aber dem

Verfasser auch nur die Thaten des Germanicus bekannt gewesen, so würde es sicher nicht an einem prophetischen Hinweis fehlen, dass der Sohn dereinst der Vollender des von dem Vater in Germanien begonnenen Werkes sein würde. Selbst die dem Tiberius reichlich gespendeten Lobpreisungen würden wohl eine andere Färbung erhalten haben, wenn derselbe bereits den Thron bestiegen haben würde. So gross daher auch die Schwächen dieses Gedichtes und so gering die Originalität des Dichters ist, so sind wir doch, soweit ich urtheilen kann, keineswegs berechtigt, dasselbe der frühen Kaiserzeit abzusprechen.

Bestätigt und ergänzt wird die Angabe des Gedichtes über die Bestattung des Agrippa und des Drusus in dem Mausoleum durch die Nachricht des Dio (54, 28): αὐτὸν (Agrippam) ἐν τῷ ἑαυτοῦ μνημείῳ ἔθαψε, καίτοι ἴδιον ἐν τῷ Ἀρείῳ πεδίῳ λαβόντα und ähnlich von Drusus 55, 2: ἐς τὸ Ἄρειον πέδιον .... ἠνέχθη κἀνταῦθα πυρὶ δοθεὶς ἐς τὸ τοῦ Αὐγούστου μνῆμα κατετέθη.[12] Es bedurfte dies um so mehr der Erwähnung, als Beide nicht dem Julischen Geschlechte angehört haben und dass Drusus eigentlich in dem Grabmal der Claudier hätte beigesetzt werden müssen und die Aufnahme in das Mausoleum als eine von Augustus den Manen des Verstorbenen und seiner Mutter Livia erwiesene Ehre angesehen worden ist, deutet auch der Dichter des Epicedion mit den der Livia in den Mund gelegten Worten an (v. 161 ff.): *certe tumulo ponemur in uno, Druse, neque ad veteres conditus ibis avos; miscebor cinerique cinis atque ossibus ossa* Die Thatsache ferner, dass der Leichnam des Drusus in Rom auf dem Marsfelde, nicht, wie es die Absicht der Soldaten war, in dem Winterlager verbrannt worden ist, erhellt sowohl aus den oben angeführten Worten des Dio und einer Andeutung bei Seneca,[13] als auch vor Allem aus den die Vorgänge im Lager schildernden Versen des Epicedion.[14] Ein Cenotaphium ist ihm von seinen Soldaten am Rhein errichtet worden. Über den Ort desselben ist viel gestritten worden; die Meisten haben es mit Rücksicht auf die Angabe des Eutropius (VII, 13): *Drusi qui apud Mogontiacum monumentum habet* bei Mainz gesucht, doch hat Mommsen (Röm. Gesch. 5 S. 27 A. 1) die Identification dieses Monumentes mit dem Grabmal meines Erachtens mit Recht abgewiesen und die Vermuthung ausgesprochen, dass sich dasselbe in Vetera befunden habe. Ich möchte eher an das zweite Standquartier von Untergermanien, an Cöln denken, da auf die Nähe der ara Ubiorum, deren Stiftung allem Anschein nach auf Drusus zurückgeht,[15] die Worte Suetons (Claudius c. 1) zu deuten scheinen: *exercitus honorarium ei tumulum excitavit, circa quem deinceps stato die quotannis miles decurreret Galliarumque civitates publice supplicarent;* jedoch ist mit voller Sicherheit die Frage nicht zu entscheiden.

Der Wunsch, den der Dichter des Epicedion ausspricht, es mögen lange die Pforten des kaiserlichen Grabmals geschlossen bleiben, hat sich nicht erfüllt. Zehn Jahre nach Drusus' Tod ward der jüngere Sohn des Agrippa, Lucius, $1^1/_2$ Jahre später sein älterer zur Thronfolge ausersehene Bruder Gaius hier bestattet. Dass dieselben als Enkel und Adoptivsöhne des Kaisers in dem Mausoleum beigesetzt worden sind, müsste man auch ohne ausdrückliches Zeugniss als nahezu gewiss annehmen. Wir besitzen nun allerdings die Grabschrift des Gaius oder nach MOMMSEN's Vermuthung[16] seines Bruders Lucius, doch ist dieselbe bei der Kirche SS. Apostoli, also in bedeutender Entfernung von dem Mausoleum gefunden worden und kann daher nicht als Beweis für die Bestattung im Mausoleum verwandt werden, wenn auch der Umstand, dass ebendaselbst die Grabschrift des Kaisers Tiberius zum Vorschein gekommen ist, dafür spricht, dass beide vom Mausoleum dorthin verschleppt worden sind. Beweisender würden zwei Fragmente sein, die zu ein und derselben Inschrift zu gehören scheinen (C. J. L. VI n. 894), da sie nach dem zuverlässigen Zeugniss des Accursius '*ex tegumento exteriori Augustorum mausolei*' stammen, wenn ihre Beziehung auf Gaius sicher wäre; doch hat MOMMSEN[17] schwerwiegende Bedenken dagegen erhoben und ist geneigt, dieselben dem Germanicus zuzuweisen. Ein drittes Fragment dagegen (C. J. L. VI n. 895), das allem Anschein nach dem Lucius Caesar angehört, ist wiederum nicht in dem Mausoleum gefunden worden, wenn es auch wahrscheinlich sich ursprünglich ebenfalls an der Aussenseite desselben befunden haben dürfte. Als directes Zeugniss bleibt daher nur die verstümmelte, aber sicher auf Gaius gehende Notiz in den sogenannten fasti Ripatransonenses:[18] *iustit[ium indictum est] donec ossa eius in [ma]esol[eum inferrentur]*, denn dass unter *maesoleum* in dieser Zeit nur das kaiserliche Grabmal verstanden werden kann, scheint mir ausser Zweifel. Leider schweigt Dio oder vielmehr der arg verstümmelte Text desselben über den Ort der Bestattung des Gaius und Lucius,[19] und es ist das um so mehr zu bedauern, als dieser zuverlässige Schriftsteller[20] an einer anderen Stelle berichtet, dass die Gemahlin des Septimius Severus Julia Domna: ἐν τῷ τοῦ Γαΐου τοῦ τε Λουκίου μνήματι κατετέθη. Gewiss ist μνῆμα hier nicht als Ehrendenkmal, sondern als Grabmal zu fassen, und man wird demnach annehmen müssen, dass, wie ohne Zweifel Dio in einer uns verlorenen Notiz berichtet hatte, für Gaius und Lucius, wie ja auch ursprünglich für ihren Vater Agrippa, ein besonderes Grabmal errichtet worden ist, das aber unzweifelhaft einen Theil des kaiserlichen Mausoleums gebildet haben wird: denn dass die Gräber dieser Prinzen sich nicht in oder doch neben dem Augustischen Grabmal befunden haben sollten, halte ich für undenkbar,

Vier Decennien waren seit der Erbauung des Mausoleums verstrichen, als Augustus in ihm zur Ruhe gebettet wurde. Von den Seinigen waren ihm die Liebsten ausser seiner Gemahlin im Tode vorausgegangen, sein einziges Kind und ihre gleichnamige Tochter hatte er in seinem nicht lange vor dem Tode errichteten Testament als unwürdig von seinem Grabmal ausgeschlossen:[21] Beide haben in der Verbannung ihren Tod und ihr Grab gefunden. Eines Zeugnisses für die Beisetzung der Gebeine des Kaisers in seinem Mausoleum bedarf es selbstverständlich nicht, wenn es auch an solchen keineswegs mangelt.[22] Aber Beachtung verdient, dass in einer allerdings trüben mittelalterlichen Quelle, in den sogenannten Mirabilia urbis Romae, bei der Beschreibung des Mausoleums die Nachricht erhalten ist, dass in der Mitte der übrigen Grabkammern in einer Apsis die des Augustus mit seiner in sitzender Stellung dargestellten Statue sich befunden habe. Ich sehe keinen Grund, an dieser Angabe zu zweifeln. Die Mirabilia sind nach den Ausführungen des zu früh der Wissenschaft entrissenen Gelehrten, der dieselben zuletzt kritisch bearbeitet hat, um das Jahr 1150 abgefasst[23]; erst im Jahre 1167 ist das Mausoleum, das damals als Festung den Colonna diente, im Inneren vollständig zerstört worden,[24] so dass der Verfasser der Mirabilien die Grabkammern noch in ziemlich intactem Zustande gesehen haben kann. Dass derselbe auch eine jetzt verlorene Grabschrift an dem Grabe eines späteren Kaisers vor Augen gehabt hat, ist, wie sich noch ergeben wird, kaum in Zweifel zu ziehen.

Die Grabschrift des Augustus ist, ebenso wenig als die seiner Gemahlin, erhalten. Dagegen ist der Bericht über sein öffentliches Leben und Wirken, den der Kaiser auf zwei ehernen, nach einer ansprechenden Vermuthung zu beiden Seiten des Einganges in die Wand des Mausoleums eingelassenen Pfeilern, durch letztwillige Verfügung hatte eingraben lassen, uns bekanntlich fast vollständig, wenn auch nur in Copien, erhalten. Der in neuester Zeit von verschiedenen Seiten gemachte Versuch, diesen Rückblick auf sein politisches Leben zu einer Grabschrift zu stempeln, ist bereits früher von mir,[25] und soeben in eingehender Darlegung von Mommsen[26] als verfehlt und als auf einer unrichtigen Anschauung von dem Wesen der römischen Grabschrift beruhend zurückgewiesen worden. Der von einem der Vertreter jener Ansicht unumwunden ausgesprochene Satz: 'jede Inschrift, die bei dem Grabe angebracht wird, ist eine Grabschrift oder ein Theil der Grabschrift', ist das Product einer modern-christlichen, aber nicht antik-heidnischen Anschauung, nach der das Grab als die Wohnung des Todten gilt, die *domus aeterna*, wie sie nicht selten in Inschriften genannt wird,[27] die für die mannigfachsten Erinnerungs-

zeichen an das Leben und Wirken des Verstorbenen die rechte Stätte bietet. Und hier ist es zudem nicht ein Einzelgrab, sondern das Grab des Kaisers und der Seinigen, an dessen Eingang passend, nicht die Grabschrift, aber wohl der Bericht über die Thaten des Erbauers dieses Todtenhauses und Begründers des römischen Kaiserreiches seine Stelle finden konnte. Die Grabschrift des Kaisers, ohne Zweifel nach römischer Sitte nicht auf Bronze, die niemals zu sepulcralen Zwecken verwendet worden ist,[28] sondern, wie die übrigen Grabschriften des kaiserlichen Mausoleums, in Marmor eingehauen, hat sich sicherlich innerhalb des Gebäudes, in der Grabkammer des Kaisers befunden und die übereinstimmend für alle, vor und nach Augustus, in dem Mausoleum beigesetzten Mitglieder des Kaiserhauses gewählte Form der Grabschriften macht es wahrscheinlich, dass dieselbe von dem Kaiser selbst für sich und die Seinigen bestimmt worden ist. Wir werden daher kaum fehl gehen, wenn wir der Grabschrift des Augustus, nach dem Muster derjenigen seines Nachfolgers, folgende einfache Fassung zuschreiben:[29]

OSSA
IMP · CAESARIS · DIVI · F
AVGVSTI
P · P · PONTIFICIS MAXIMI
TRIB · POT · XXXVII · IMP · XXI · COS · XIII

Fünfzehn Jahre nach Augustus ist seine Gemahlin Livia,[30] acht Jahre später ihr Sohn Tiberius hier bestattet worden. Denn wenn auch die Schriftsteller nicht ausdrücklich die Beisetzung des Letzteren im Mausoleum erwähnen, sondern nur das *funus publicum*, das sein Nachfolger dem verhassten Kaiser trotz der erbitterten Stimmung des Volkes zu Theil werden liess,[31] und wenn auch seine Grabschrift in geraumer Entfernung von dem kaiserlichen Grabmal zum Vorschein gekommen ist, so wird man, sowohl nach der Fassung derselben, als auch gerade aus dem Schweigen der Schriftsteller über eine etwaige Ausschliessung aus dem Mausoleum, folgern dürfen, dass ihm als Adoptivsohn und Nachfolger des Augustus dasselbe nicht verschlossen geblieben ist. Über die Beisetzung der Überreste des bereits im Jahre 19 in Antiocheia gestorbenen und auf dem dortigen Forum verbrannten Germanicus im Mausoleum liegt ein sicheres Zeugniss vor;[32] dass dagegen drei in zartem Alter[33] verstorbene Söhne desselben, deren Grabsteine nicht weit von demselben bei San Carlo al Corso gefunden sind, ebenfalls im Kaisergrabe bestattet worden sind, möchte ich bezweifeln. Denn diese rohen und unscheinbaren Travertincippen (C. J. L. VI n. 888—890) unterscheiden sich sowohl in der

Form als in dem Material von den Marmorurnen[34] des Mausoleums, und die Schlussworte der Inschriften *hic crematus est* lassen keinen Zweifel darüber, dass sie an dem von Strabo geschilderten,[35] in der Mitte des Marsfeldes gelegenen Bustum Caesarum gestanden haben, dessen Lage durch diese und ähnliche dort gefundene Inschriften, wie längst erkannt ist,[36] fixirt wird. Dass die Asche dieser Kinder später in das Mausoleum übertragen worden sei, ist mir nicht wahrscheinlich, da ihre Brandstätte sonst wohl nicht durch Inschriftstelen bezeichnet worden wäre; geradezu ausgeschlossen ist aber diese Annahme bei den ganz ähnlichen, an demselben Orte zum Vorschein gekommenen Travertincippen der auf Betreiben der Messalina von Claudius getödteten jüngsten Tochter des Germanicus, Livilla, und des von Caligula beseitigten Prinzen Tiberius, da auf beiden Steinen (C. J. L. VI n. 891—2) die Formel *hic situs* (resp. *sita*) *est* den Fundort als den Ort des Begräbnisses bezeichnet;[37] dazu stimmt, dass an demselben Orte die schöne, jetzt im Museo Pio-Clementino (n. 421) aufbewahrte Alabastervase gefunden worden ist, die allem Anschein nach die Asche eines hier bestatteten Mitgliedes der kaiserlichen Familie, vielleicht, wie Visconti vermuthet, der Livilla umschlossen haben dürfte.

Als Gaius zur Regierung gelangte, war es bekanntlich seine erste Sorge, die Gebeine seiner in der Verbannung gestorbenen Mutter und seines Bruders Nero[38] selbst nach Rom zu bringen und sie feierlich im Mausoleum beizusetzen. Die Graburne der Agrippina ist noch erhalten, die Grabschrift des Nero in alten epigraphischen Sammlungen überliefert (C. J. L. VI n. 886. 887). Dieselbe Ehre wird nach allerdings nicht ganz unzweideutigen Nachrichten[39] auch seinem Bruder Drusus von ihm erwiesen sein, der im Jahre 33 den Hungertod in der Tiefe des Kaiserpalastes hatte sterben müssen. Auch die von Gaius abgöttisch geliebte Schwester Drusilla ist sicherlich im Mausoleum bestattet worden;[40] dagegen dürfte seine zuerst mit Ehren überhäufte, dann in Ungnade gefallene und zum Selbstmord gezwungene Grossmutter Antonia in dem Grabmale der Antonier oder der Octavier beigesetzt worden sein:[41] auch unter den Ehren, die der Todten später von ihrem Sohne, dem Kaiser Claudius, zu Theil wurden, ist von einer Überführung der Gebeine in das Mausoleum nicht die Rede.[42]

Der Kaiser Gaius ist selbstverständlich von dem Mausoleum ausgeschlossen geblieben; sein verstümmelter Leichnam ist, nur halbverbrannt und nothdürftig mit Erde bedeckt, in den Lamischen Gärten, die ihm bei Lebzeiten ein Lieblingsaufenthalt gewesen zu sein scheinen, verscharrt worden; später haben seine Schwestern die Leiche ausgraben lassen und, wahrscheinlich an demselben Orte, in ritueller Weise be-

stattet.[43] Seinem Nachfolger Claudius haben die Mörder desselben, seine Gattin und sein Adoptivsohn, ein glänzendes Leichenbegängniss, mit nicht geringeren Ehren, als sie dem ersten Kaiser zu Theil geworden waren, ausgerichtet und ihn ohne Zweifel in dem kaiserlichen Grabmal beigesetzt;[44] wahrscheinlich ist auch seinem Sohne Britannicus, dem kurz nach der Vergiftung des Vaters dasselbe Schicksal durch Nero bereitet wurde, diese Ehre nicht versagt geblieben.[45] Die späteren Opfer des Nero: seine Mutter Agrippina und seine erste Gattin, die unglückliche Tochter des Claudius, Octavia, die Beide fern von Rom gemordet wurden, sind dagegen dauernd von dem Mausoleum ausgeschlossen geblieben,[46] während die zweite Gemahlin des Kaisers, Poppaea Sabina, obschon dieselbe ihren religiösen Neigungen gemäss und ohne Zweifel auf ihre ausdrückliche Bestimmung nicht verbrannt, sondern nach orientalischem Ritus einbalsamirt wurde, in dem Julischen Grabmal eine Stätte gefunden hat.[47] Der Kaiser selbst hat sich mit einem Platze in dem Familiengrabe der Domitier auf dem Monte Pincio begnügen müssen; sein Grabmal, bestehend aus einem *solium porphyretici marmoris, superstante Lunensi ara, circumsaeptum lapide Thasio,* scheint noch zur Zeit Hadrians erhalten gewesen zu sein,[48] und wenn auch sein Verehrer Vitellius ihm ein feierliches Todtenopfer an dem kaiserlichen Bustum im Marsfelde dargebracht hat,[49] so hat er doch offenbar nicht gewagt, seine Gebeine in das Mausoleum zu überführen.

Mit Nero ging das mühsam durch Adoptionen zu einer künstlichen Einheit verbundene Julisch-Claudische Geschlecht zu Ende; es fragte sich, ob, nachdem auch dieser dünne Faden für immer zerschnitten war, ein neues Kaiserhaus auf die Beisetzung in dem *tumulus Juliorum* Anspruch erheben würde. Bei dem Tode der drei ephemeren Kaiser, die Nero folgten, ist die Frage, ob sie in dem Mausoleum zu bestatten seien, überhaupt nicht aufgeworfen: der verstümmelte Körper Galba's wurde in seinen Privatgärten an der Aurelischen Strasse beigesetzt.[50] Otho hat nach seinem freiwilligen Tode ein bescheidenes Grabmal in Brixellum erhalten[51] und der zerfleischte Leichnam des Vitellius ist in den Tiber geworfen worden.[52] Erst bei Vespasian's Tode, mit dem ein neues, freilich nur zu kurzer Dauer bestimmtes Kaisergeschlecht anhebt, musste diese Frage zur Entscheidung gelangen. Ein directes Zeugniss über die Beisetzung Vespasian's im Mausoleum haben wir allerdings nicht, aber es sprechen meines Erachtens entscheidende Gründe für dieselbe. Zunächst der Umstand, dass bei seinem Tode ein Kaisergrabmal ausser dem Mausoleum nicht vorhanden war[53] und ein Mann wie Vespasian, der von Senat und Volk verehrt gestorben ist, sicher nicht auf privatem Grund und Boden begraben sein wird; sodann das Beispiel des, wie wir sehen werden, im Mauso-

leum bestatteten Kaisers Nerva; schliesslich die Nachricht des Sueton (Vespasianus c. 23): *cum inter cetera prodigia Mausoleum derepente patuisset et stella crinita in coelo apparuisset, alterum ad Juniam Calvinam e gente Augusti pertinere dicebat, alterum ad Parthorum regem.* Das Aufspringen des Thors des Mausoleums, das übrigens auch kurz vor Nero's Tod berichtet wird, erwähnt ebenfalls Dio (66 c. 17), doch ist dort, wohl von dem Epitomator, der daran geknüpfte Scherz Vespasian's fortgelassen worden. Könnte man nun auch zur Noth die Deutung zulassen, dass dieses Prodigium überhaupt nur den Tod einer, sei es durch Verwandtschaft — Junia Calvina's Mutter war Aemilia Lepida, eine Urenkelin des Augustus — sei es durch seine Stellung dem Augustus nahestehenden Person andeuten sollte, so wird man doch am ungezwungensten die Nachricht in der Weise deuten, dass Vespasian's Asche ebenfalls im Mausoleum beigesetzt zu werden bestimmt war.

Ich habe bis jetzt einer Inschrift nicht Erwähnung gethan, der für diese Frage eine gewisse Bedeutung beigelegt werden könnte. Erhalten ist von ihr nur das Schlusswort VESPASIANI (C. J. L. VI n. 893), jedoch kann dieselbe nach der feststehenden Titulatur nicht auf den Kaiser selbst bezogen werden. Gegen die von Visconti vorgeschlagene Ergänzung auf die Gemahlin Vespasian's, Domitilla macht Henzen geltend, dass Domitilla vor der Thronbesteigung ihres Gatten gestorben sei und wenn ihre Asche auch später im Mausoleum beigesetzt worden wäre, doch dem Namen Vespasian's der Titel *Augusti* folgen müsste; er bezieht daher die Inschrift auf den jungen Sohn des von Domitian gegen Ende seiner Regierung getödteten Flavius Clemens, dem ebenfalls der Name Vespasianus beigelegt worden ist. Der angeführte Einwand Henzen's würde allerdings hinfällig, wenn die Setzung der Grabschrift erst nach Vespasian's Tode erfolgt wäre, da dann Domitilla als *uxor Divi Vespasiani* bezeichnet werden musste, und dafür, dass dies an und für sich nicht undenkbar ist, sprechen die ihrem Andenken zu Ehren im Jahre 80 unter der Regierung ihres Sohnes Titus geprägten Münzen;[54] dennoch ziehe ich die Deutung auf den jugendlichen Schüler Quintilian's vor, der wohl nicht lange nach seinem Vater gestorben oder getödtet sein und an dem kaiserlichen Bustum im Marsfelde eine bescheidene Grabstätte gefunden haben wird. Denn dass sich die Inschrift dort und nicht in dem Mausoleum befunden hat, beweist unzweideutig Fundort, Form und Material dieses gemeinsam mit den bereits besprochenen zum Vorschein gekommenen Travertincippus. Für die Entscheidung der Frage, ob Vespasianus im Mausoleum bestattet worden sei, ist daher diese Inschrift nicht zu verwerthen.

Der einfache Sinn des aus niederer Familie stammenden Kaisers hat wohl überhaupt den Gedanken nicht aufkommen lassen, für sich

und seine Nachkommen ein neues Kaisergrab zu erbauen. Anders dachte sein Sohn Domitianus, der in dem auf dem Quirinal an Stelle seines Geburtshauses errichteten *templum gentis Flaviae* für das Flavische Haus ein Grabmal errichtete, das an Glanz, nach den Schilderungen der damaligen Hofdichter zu schliessen, das Mausoleum des Augustus noch übertroffen haben muss. Vollendet scheint dasselbe erst im Jahre 94[55] zu sein und es kann meines Erachtens kaum einem Zweifel unterliegen, dass auch die Asche des Vaters, als Ahnherrn des Kaiserhauses, dorthin überführt worden ist. Ja dass recht eigentlich dem Vespasian zu Ehren dies Grabmal des Flavischen Hauses errichtet worden ist, spricht Martial unverhohlen aus, indem er dem Jupiter in Bewunderung des soeben vollendeten Bauwerkes und in Hinblick auf sein eigenes ärmliches Grab in Kreta die Worte in den Mund legt (IX, 34, 7—8): *Gnosia vos, inquit, nobis monumenta dedistis; cernite quam plus sit Caesaris esse patrem.* Ein Kolossalkopf Vespasian's ist bei der Porta Collina in den Fundamenten des neuen Finanzministeriums vor nicht langer Zeit gefunden worden,[56] wodurch entsprechend den Angaben des Suetonius und der Regionarier die Lage des Grabmals sicher bestimmt wird. In unmittelbarer Nähe desselben befanden sich die kaiserlichen Gärten des Sallust, die vielleicht nach dem Beispiel der *circumiectae silvae et ambulationes* bei dem Mausoleum des Augustus als Parks und Promenaden sich an das Flavische Grabmal anzuschliessen bestimmt waren. — Auch die Gebeine des Titus und seiner Tochter Julia sind, und zwar wahrscheinlich aus dem Augustischen Mausoleum, in das Flaviergrabmal übertragen worden und auf diese Translocation beziehen sich die wohl im Jahre 95 verfassten Verse des Statius, der mit Martial um die Wette die Pracht des Bauwerkes preist (silv. V, 1, 240): *aeternae modo qui sacraria genti condidit inque alio posuit sua sidera caelo.* Selbst Domitian's Asche wurde nach der Bestattung auf seiner Besitzung an der Latinischen Strasse von seiner treuen Wärterin Phyllis heimlich hierhin gebracht und mit der Asche seiner geliebten Nichte Julia vermischt.[57] Noch in den Regionsverzeichnissen der Constantinischen Zeit wird die 'gens Flavia' erwähnt; ob aber das Bauwerk nach dem Untergang des Flavischen Hauses anderen Zwecken gedient hat, bleibt bei dem vollständigen Schweigen unserer Überlieferung fraglich.

Der letzte Kaiser, der in dem Mausoleum des Augustus bestattet worden, ist Nerva nach der Angabe des Verfassers der *epitome de Caesaribus* 12, 12: *cuius corpus a senatu, ut quondam Augusti, honore delatum,*[58] *in sepulcro Augusti sepultum est.* Diese Nachricht erhält eine unerwartete Bestätigung durch eine Notiz in den Mirabilien, in denen es bei der Beschreibung des Mausoleums heisst (§. 22): *in inferiori giro sunt sepulture imperatorum; in unaquaque sepultura sunt littere ita*

dicentes: 'hec sunt ossa et cinis Nerve imperatoris et victoria quam fecit'.[59] Mit Recht hat Jordan[60] aus der Übereinstimmung der Fassung dieser Grabschrift mit den erhaltenen oder sicher überlieferten Inschriften des Mausoleums gefolgert, dass dem Verfasser der Mirabilien die jetzt verlorene Grabschrift des Nerva, und zwar allem Anschein nach im Original vorgelegen hat. Eine weitere Bestätigung dafür bietet aber, wenn ich recht sehe, der an und für sich und insbesondere bei dem friedliebenden Nerva befremdliche Zusatz: *'et victoria quam fecit'*. Denn ich zweifle nicht, dass hier eine missverständliche Erklärung des dem Kaiser im Jahre 97 beigelegten Namens Germanicus vorliegt und demnach die Grabschrift, entsprechend der des Tiberius, gelautet haben wird: *ossa (et cinis?) Imp(eratoris) Caesaris Nervae Augusti Germanici pontificis maximi trib. pot. III imp. II cos. IIII. p. p.*

Sein Nachfolger Trajan hat sich seine eigene Grabstätte unter der Säule, die seine Dacischen Siege verkündete, bereitet: der einzige Kaiser, wie ausdrücklich hervorgehoben wird,[61] der innerhalb der Stadt beigesetzt worden ist; die goldene Urne, in der seine Asche sich befand, ist bekanntlich bei der Öffnung der Grabkammer durch Papst Sixtus V. nicht gefunden worden. Über die Beisetzung seiner Gemahlin Plotina, seiner Schwester Marciana und seiner Nichte Matidia schweigt unsere Überlieferung.

Mit Hadrian beginnt, wie für die Kaiserzeit überhaupt, so auch für die kaiserlichen Grabbauten eine neue Epoche. Es ist nicht auffallend, dass gerade dieser Kaiser, dem Aegyptens Wunder einen unauslöschlichen Eindruck hinterlassen hatten, ein Grabmal für sich und seine Nachfolger errichtet hat, das an Grossartigkeit mit den Pyramiden Aegyptens sich messen konnte und vielleicht selbst gewisse Details der inneren Anlage denselben entlehnt hat.[62] Die Grabkammern des Augustischen Mausoleums waren gefüllt und dasselbe ist seitdem geschlossen geblieben. Die Obhut über das Gebäude war sicher bereits unter Trajan einem kaiserlichen Freigelassenen mit dem Titel *procurator mausolei* übertragen worden.[63] Dass Hadrian den Bau schon im Jahre 123 begonnen habe, wird man aus einigen in jenem Jahre gebrannten Ziegeln, die in demselben gefunden worden sind, selbstverständlich nicht schliessen dürfen;[64] vollendet hat ihn erst im Jahre 139 sein Nachfolger, der die zuerst in der Puteolanischen Villa Cicero's beigesetzte Leiche Hadrian's, wie auch die Überreste der bereits vor Hadrian gestorbenen Sabina und des zur Thronfolge bestimmten Adoptivsohnes Hadrian's, Lucius Aelius Caesar darin bestattet hat.[65]

Eine Reihe von dort gefundenen Inschriften, von denen jetzt keine mehr erhalten ist, überliefert die Namen der Angehörigen des Antoninischen Hauses, die hier begraben worden sind: ausser den

bereits Genannten der Kaiser Antoninus und seine Gemahlin Faustina nebst drei Kindern, die Kaiser Lucius Verus und Commodus, schliesslich drei bereits vor der Thronbesteigung ihres Vaters gestorbene Kinder des Marc Aurel und der jüngeren Faustina.[66] Die Grabschriften der Eltern sind nicht zum Vorschein gekommen; dass Beide in dem Mausoleum bestattet waren, steht aber ausser Zweifel.

Die Inschrift des Hadrian und der Sabina befand sich über dem Eingangsthor des Mausoleums, die übrigen waren ebenfalls in die Aussenwand des Grabmals eingelassen (über die Anordnung vergl. MOMMSEN, Ber. der Sächs. Ges. 1850 S. 306); über den Inschriften lief ein mit Bucranien und Festons geschmückter Fries. Beachtung verdient, dass die Namen der Kaiser, Kaiserinnen und des Kronprinzen L. Aelius im Dativ, die der Kinder im Nominativ stehen, erstere also die Dedicationsform haben, wenn auch der Dedicant, d. h. wahrscheinlich der regierende Kaiser, dem alten Gebrauche gemäss nicht genannt ist. Vielleicht wird man annehmen dürfen, dass Statuen derselben sich über den Inschriften (über den Kinderinschriften wohl Büsten) erhoben haben und mit den übrigen Statuen, die das Grabmal schmückten, bei der Belagerung durch die Gothen im Jahre 537 auf den Köpfen der Angreifer zerschmettert worden sind.[67]

Bis auf Septimius Severus haben, mit Ausnahme des Didius Julianus, der in dem Grabmal seines Grossvaters,[68] des Juristen Salvius Julianus, an der Labikanischen Strasse bestattet worden ist, wohl alle Kaiser und fast sämmtliche Mitglieder des Kaiserhauses in dem hadrianischen Mausoleum ihre Grabstätte gefunden; auch Pertinax' Überreste, dessen Leichnam zuerst in dem Familiengrabe seiner Gemahlin Flavia Titiana geborgen worden ist, sind vielleicht bei der von Severus feierlich vollzogenen Bestattung und Apotheose hierhin übertragen worden.[69] Sicher ist es, dass der Kaiser Severus, der durch eine kühne Fiction sich zum Sohne des Marcus Aurelius und damit zum Fortsetzer des Antoninischen Hauses machte, sein Sohn Caracalla und, wenn auch nicht unmittelbar nach ihrem Tode, seine Gemahlin und sein zweiter Sohn Geta in dem Antonineum bestattet worden sind.

Damit steht freilich in Widerspruch eine Nachricht des Spartianus von einem eigenen Grabmal, das Severus sich an der Appischen Strasse gebaut haben soll. Wir lesen nämlich bei Gelegenheit des Leichenbegängnisses des Geta: *inlatus est maiorum sepulchro, hoc est Severi, quod est in Appia via euntibus ad portam dextra, specie septizodii exstructum, quod sibi ille vivus ornaverat.* Ich habe an einem anderen Orte[70] nachzuweisen gesucht, dass hier an ein Glossem, wie man angenommen hat, keineswegs gedacht werden kann, sondern dass es

sich, wie so oft bei diesen Scribenten, entweder um einen Zusatz des Biographen, oder um eine in ganz roher Weise angeknüpfte Notiz aus einer anderen Quelle handelt. Daran halte ich auch jetzt unbedingt fest; jedoch glaube ich im Gegensatz zu meiner früheren Auffassung mit Becker (Topographie, Anm. 1430) annehmen zu müssen, dass dieses angeblich *specie septizodii* an der Appischen Strasse erbaute Grabmal mit dem berühmten Septizonium an der Südwestecke des Palatin identisch ist. Denn einerseits stimmt die Angabe *in Appia via euntibus ad portam* (nämlich *Capenam*) *dextra* im Ganzen sehr wohl mit der Lage des Septizoniums, da dasselbe, wenn auch nicht unmittelbar an der Appischen Strasse, so doch nur wenige Schritte von dem Beginn derselben und von der porta Capena entfernt lag, andererseits wäre es in hohem Grade auffallend, dass das angeblich von Severus erbaute Grabmal weder von dem Kaiser, noch von seinen Nachkommen (denn auch Geta ist nach ausdrücklicher Überlieferung in dem Hadrianischen Grabmal bestattet worden) jemals benutzt worden wäre; schliesslich erklärt sich unter dieser Voraussetzung am leichtesten die unvermittelte Anknüpfung der Erwähnung des Septizoniums am Ende der Biographie des Severus an den Bericht über sein Begräbniss im Antonineum. Demnach kann meines Erachtens kaum ein Zweifel darüber bestehen, dass entweder bereits in der Nebenquelle Spartian's sich die Angabe gefunden hat oder doch zu Spartian's Zeit die Ansicht verbreitet war, dass das Septizonium ursprünglich in der Absicht gebaut worden sei, ein Grabmal des Severus und seiner Dynastie zu werden. Ob diese Nachricht irgend welchen Glauben verdient, ist allerdings sehr fraglich; schon die Lage unmittelbar bei den Kaiserpalästen erweckt die grössten Bedenken dagegen, und keineswegs wird man annehmen dürfen, dass diese Idee, wenn sie wirklich ursprünglich vorhanden war, zur Ausführung gekommen ist.

Caracalla ist wohl der letzte Kaiser, der in dem Hadrianischen Mausoleum beigesetzt worden ist. Bereits Severus Alexander scheint nach den Worten seines Biographen (c. 63): *cenotaphium in Gallia, Romae sepulcrum amplissimum meruit* ein eigenes Grabmal erhalten zu haben, während die entstellten Leichen des Heliogabal und seiner Mutter Soaemias in die zum Tiber führende Cloake geworfen worden sind.[71] Seit Vitellius war dieser Schimpf keinem Kaiser widerfahren; die Bestattung des Commodus war, wenn auch unter nachträglichem heftigen Protest des Senates, auf Befehl des Pertinax sofort nach seiner Ermordung vollzogen, später sogar seine Überreste in das Hadrianische Mausoleum überführt worden; Domitian's Leiche ist, wenn auch auf der Armensünderbahre hinausgetragen, doch seiner Dienerin

zur Bestattung ausgefolgt worden; auch Galba und selbst dem als ersten durch die *damnatio memoriae* gebrandmarkten Kaiser Gaius wurde die Beerdigung nicht verwehrt, ja Nero's Leichenbegängniss ist sogar, wie sein Biograph bezeugt, mit einem gewissen Glanze ausgerichtet worden. Es war wohl die Rücksicht auf die Eltern und das Geschlecht, dem diese Kaiser angehörten, die der Wuth des Pöbels eine Schranke zog; bei Heliogabal fiel, ebenso wie bei Vitellius, diese Rücksicht fort, und so hat das Volk nicht nur an ihren Bildsäulen und Ehrendenkmälern, sondern auch an ihren Leichen die Vernichtung ihres Andenkens vollzogen.

Mit Severus Alexander versiegen die Nachrichten über die Begräbnisse der Kaiser in Rom fast gänzlich. Der Grund dafür ist nicht allein in der Dürftigkeit der Quellen für die Geschichte jener Zeit zu suchen: haben doch fast Alle, die den römischen Kaiserthron im dritten Jahrhundert bestiegen haben, einen gewaltsamen Tod ausserhalb Roms gefunden und ihre Mörder sind nicht selten zugleich ihre Nachfolger geworden. Aber auch die abnehmende Bedeutung Roms tritt bereits deutlich zu Tage; prächtige Cenotaphien werden den Kaisern in der Fremde an dem Orte, wo sie ihr Leben beschlossen haben,[72] oder in ihrer Heimath auf eigenem Grund und Boden[73] errichtet, während wir von glänzenden Leichenfeiern und Grabbauten in Rom nichts mehr hören. Das gewaltige Grabmal des allerdings als Privatmann gestorbenen Kaisers Diocletian bei Salona und mehr noch die von den Römern als bittere Kränkung empfundene Bestattung Constantins des Grossen in der Apostelkirche der neuen, seinen Namen tragenden ,Hauptstadt'[74] sind beredte Zeugnisse dafür, dass Rom aufgehört hatte, die Residenz wie der lebenden so der todten Kaiser zu sein.

Anmerkungen.

[1] Strabo V, 3, 8 p. 236: τὸ Μαυσώλειον καλούμενον. Für officiellen Gebrauch des Namens spricht die Notiz betreffs des Todes des C. Caesar in den fasti Ripatransonenses C. J. L. IX n. 5290: *iustit[ium indictum est] donec ossa eius in [ma]esol[eum inferrentur].* Dagegen denkt Properz III, 1, 59 (= IV, 1, 20) bei den Worten: *nec Mausolei dives fortuna sepulcri* ohne Zweifel an das Grab in Harlikarnasos.

[2] Sueton Augustus c. 100: (Mausoleum) *inter Flaminiam viam ripamque Tiberis sexto suo consulatu extruxerat circumiectasque silvas et ambulationes in usum populi iam tum publicarat.*

[3] Vergl. die Stellen bei Becker Topographie S. 639 A. 68 und im Allgemeinen Strabo V c. 3 § 8 p. 236: ἱεροπρεπέστατον νομίσαντες τοῦτον τὸν τόπον καὶ τὰ τῶν ἐπιφανεστάτων μνήματα ἐνταῦθα κατεσκεύασαν ἀνδρῶν καὶ γυναικῶν. Lehrreich ist besonders der Bericht über die Bestattung des M. Oppius im Jahre 717 bei Dio 48, 53: ὁ μὲν . . . ἐς τὸ Ἄρειον πεδίον ἐκομίσθη καὶ ἐκεῖ καὶ ἐτάφη, κανθεὶς πρότερον· ἡ δὲ δὴ βουλὴ ἀγανακτήσασα τῇ πάσῃ τοῦ πλήθους περὶ αὐτὸν σπουδῇ, τὰ ὀστᾶ αὐτοῦ, ὡς οὐχ ὁσίως ἐν τῷ ἱερῷ χωρίῳ κείμενα, ἀνείλετο, πεισθεῖσα τοῖς ποντίφιξι, καίπερ πολλοὺς ἄλλους ἐν αὐτῷ καὶ πρότερον καὶ μετὰ ταῦτα θάψασα. Auch bei dem Begräbniss der Julia ist von den Tribunen und dem Consul des Jahres 700 L. Domitius Ahenobarbus, allerdings ohne Erfolg, Einspruch erhoben worden (Dio 39, 64): τοῦ Δομιτίου ἀνθισταμένου καὶ λέγοντος ἄλλα τε καὶ ὅτι οὐχ ὁσίως ἐν τῷ ἱερῷ τόπῳ ἄνευ τινὸς ψηφίσματος θάπτοιτο, vgl. Plutarch Caesar c. 23; Pompeius hatte die Absicht, sie ἐν Ἀλβανῷ zu bestatten. — Fälschlich lässt Becker a. O. dieselbe Ehre auch der Tante Caesar's, der Gemahlin des Marius, zu Theil werden; die von ihm angeführten Stellen beziehen sich sämmtlich auf Caesar's Tochter. — Geringer ist wohl die Ehre, die Cicero (Philipp. IX c. 7) für Sulpicius beantragt: *uti locum sepulcro in campo Esquilino C. Pansa consul, seu quo in loco videbitur, pedes XXX quoquoversus adsignet, quo Ser. Sulpicius inferatur.* Doch handelt es sich hier um ein Familiengrab (*ipsius liberorum posterorumque eius*).

[4] Nicht zu verwechseln mit dem *sepulcrum Octaviorum* an der Salarischen Strasse: C. J. L. VI, 2 n. 7860 ff.

[5] Sueton Aug. c. 61; Dio 54, 35.

[6] So, nicht πρῶτον, ist nach Hrn. Boissevain's freundlicher Mittheilung die Lesung der beiden allein maassgebenden Handschriften Ven. A und Medic. A.

[7] Sueton Caesar c. 84: *funere indicto rogus exstructus est in Martio campo iuxta Juliae tumulum.*

[8] V. 70 habe ich mit Lipsius *percipit* für das überlieferte *perficit* geschrieben; v. 71 ist überliefert *ecce ter ante datis*, was unzweifelhaft corrupt ist; *ecce* ist offenbar aus dem vorhergehenden Verse: *funeris ecce soror* fälschlich wiederholt. Ich habe, allerdings nicht ohne Bedenken, *additur* eingesetzt, *datis* wäre dann für *tumulo datis* (vergl. Baehrens zu d. St.) zu fassen, wenn nicht auch diese Worte corrupt sind und für *ante datis* etwa *acceptis* einzusetzen ist.

[9] Haupt opuscula I S. 315 ff.

[10] Gruppe Aeacus S. 158 und Baehrens *poet. Latini minores* I S. 98 ff. setzen es unmittelbar nach Drusus' Tod, Schenkl, Wiener Studien 1880 S. 67 ff. unter Nero, Huebner Hermes 13 (1878) S. 243 und Bücheler, Philol. Kritik S. 21 ff. etwa in die Zeit der Antonine.

[11] Ich stimme Adler *de P. Ovidii Nasonis quae fertur consolatione ad Liviam* (Anclam 1851) bei, der mit Rücksicht auf den Vers (288 bei Baehrens): *nec sua prae templi nomina fronte leget* das Gedicht nicht vor 759 (vergl. Dio 55, 27: τὸ Διοσκούρειον ὁ Τιβέριος καθιερώσας, οὐ τὸ ἑαυτοῦ μόνον ὄνομα αὐτῷ, ἀλλὰ καὶ το ἐκείνου (Drusi) ἐπέγραψε), aber auch nicht sehr viel später setzen will. Dass der Dichter des Epicedion nach Seneca, bei dem sich einige Anklänge finden, geschrieben haben sollte, halte ich für höchst unwahrscheinlich; dagegen hat er das etwa 763 geschriebene zweite Buch der Tristia des Ovid ohne Zweifel benutzt, vergl. Haupt opusc. I S. 336 fg. und Hübner a. O. S. 154 fg.

[12] Tacitus ann. 3, 5 spricht nur im Allgemeinen von den hohen Ehren, die Augustus dem todten Drusus erwiesen habe; Sueton Claudius c. 1: *corpus sepultum est in campo Martio.*

[13] Seneca ad Polybium §. 34: (Tiberius) *totum exercitum non solum maestum, sed etiam attonitum corpus Drusi sui sibi vindicantem ad morem Romani luctus redegit.*

[14] Epiced. v. 167 ff.: *quin etiam corpus matri vix vixque remissum exequiis caruit, Livia, paene suis; quippe ducem arsuris exercitus omnis in armis, inter quae periit, ponere certus erat; abstulit invitis corpus venerabile frater et Drusum patriae quod licuitque dedit.* Die Worte *quod licuitque*, an denen auch Baehrens Anstoss genommen hat, sind corrupt; vermuthen könnte man mit Rücksicht auf v. 168: *patriaeque exequiisque dedit.*

[15] Mommsen, Römische Geschichte V S. 32, vergl. Bergk zur Geschichte der Rheinlande S. 140.

[16] Die Vermuthung Mommsen's (zu C. J. L. VI n. 884) gründet sich darauf, dass Gaius in der Inschrift den Titel *princeps iuventutis* führt, den er nachweislich bei dem Antritt des Consulates abgelegt hat. Ohne das Gewicht dieses Grundes zu unterschätzen, kann ich mich doch nicht entschliessen, daraufhin das Zeugniss Signorili's zu verwerfen, um so weniger, als der Titel *princeps iuventutis* hier als der einzige auftritt, ohne Erwähnung des Consulates und des Priesteramtes, und demnach als Bezeichnung des zur Thronfolge Ausersehenen gewählt sein mag.

[17] Mommsen r. g. D. A. S. 54 Anm.

[18] C. J. L. IX n. 5290, vergl. Mommsen r. g. D. A. S. 115 Anm.

[19] Dio 55, 12.

[20] Dio 78, 24.

[21] Sueton Augustus c. 101: *Julias filiam neptemque, si quid iis accidisset, vetuit sepulcro suo inferri*; Dio 56, 32.

[22] Strabo V c. 3 §. 8 p. 236; Sueton Augustus c. 100; Dio 56, 42, vergl. Tacitus ann. I, 8.

[23] Mirabilia §. 22 (bei Jordan Topographie II S. 629): *in medio sepulchrorum est absida, ubi sedebat Octavianus ibique erant sacerdotes facientes suas cerimonias.*

[24] Nibby *Roma antica* II p. 528: '*la rotta che i Romani ebbero dai Tusculani l'anno 1167 ai 30 di maggio fu attribuita ad un tradimento dei Colonnesi, onde tornati in Roma corsero a vendicarsene su questo monumento allora ridotto in fortezza che distrussero da cima a fondo rimanendo in piedi soltanto quelle parti che presentavano una solidità insuperabile, e che sono quelle che oggi rimangono, cioè il recinto delle celle*'.

[25] Wiener Studien 1885 S. 170 ff.

[26] Sybel's historische Zeitschrift N. F. 21 S. 385 ff.

[27] Vergl. auch Statius silvae V, 1, 237 von dem Grabmal der Priscilla: *domus ista, domus! quis triste sepulcrum dixerit?*

[28] Das hebt Nissen Rheinisches Museum N. F. 41 S. 3 selbst mit Recht hervor: 'ich wüsste kein Beispiel, dass wie im vorliegenden Fall Erztafeln hierfür gewählt worden wären.... Die Schrift des todten Kaisers stellte sich somit den Augen der Bürgerschaft in demselben feierlichen Achtung gebietenden Gewande dar wie das Gesetz'. Nur hätte er meines Erachtens schon daraus den Schluss ziehen müssen, dass Augustus nicht in so augenfälliger Weise der althergebrachten Sitte entgegen gehandelt haben würde, wenn er diese Aufzeichnungen als Grabschrift hätte angesehen wissen wollen.

[29] J. Schmidt Philologus 45 S. 403 hält freilich für möglich, dass auf den Bronzetafeln am Anfang *dis manibus Imp. Caesaris divi Juli f. Augusti* und am Schlusse *annis vixit . . . mensibus . . . diebus . . .* gestanden habe.

[30] Dio 58, 2: ἐν δὲ τῷ μνημείῳ ἐτάφη τῷ τοῦ Αὐγούστου.

[31] Sueton Tiberius c. 75, Gaius c. 15; Dio 58, 28 und 59, 3.

[32] Tacitus ann. III, 4: *reliquiae tumulo Augusti inferebantur;* als *locus sepulturae* wird das Forum von Antiocheia bezeichnet: II, 73, wo ihm später ein Cenotaph errichtet wurde: II, 83.

[33] Sueton Gaius c. 7: *duo infantes adhuc rapti, unus iam puerascens*, vergl. Henzen zu C. J. L. VI n. 888—890. Ganz kleine Kinder sind bekanntlich überhaupt nicht verbrannt, sondern bestattet worden, vergl. Kirchmann de funeribus p. 11 und Mayor zu Juvenal 15 v. 140.

[34] Die Urne der älteren Agrippina (C. J. L. VI n. 886) befindet sich jetzt im Conservatorenpalaste; dass die Grabschrift ihres Sohnes Nero ebenfalls auf einer Urne stand, bezeugt Smetius. Da nun dieselbe von Signorili als *lapis marmoreus* bezeichnet wird, so dürfte auch das von ihm ebenso genannte Grabdenkmal des C. Caesar (n. 884) ebenfalls eine Urne gewesen sein, und dasselbe gilt wohl auch von der angeblich *in quodam pilo marmoreo* befindlichen Grabschrift des Kaisers Tiberius, um so mehr als letztere von Jucundus als *in quodam puteo* bezeichnet wird.

[35] Strabo V, 3, 8 p. 236: ἐν μέσῳ δὲ τῷ πεδίῳ ὁ τῆς καύστρας αὐτοῦ περίβολος καὶ οὗτος λίθου λευκοῦ, κύκλῳ μὲν περικείμενον ἔχων σιδηροῦν περίφραγμα, ἐντὸς δ' αἰγείροις κατάφυτος. Dass jeder der hier verbrannten Kaiser sein eigenes, durch eine Umfriedigung abgegrenztes Bustum erhielt, zeigt Sueton Nero c. 33: *bustum eius* (Claudii) *consaepiri, nisi humili levique maceria, neglexit.*

[36] Nibby *Roma antica* II p. 523; Canina *indicazione* p. 424.

[37] Paulus Festus p. 32 s. v. *bustum proprie dicitur locus, in quo mortuus est combustus et sepultus .... ubi vero combustus quis tantummodo, alibi vero sepultus, is locus ab urendo ustrina vocatur;* vergl. Müller z. d. St., Servius ad Aeneid. XI v. 201 und die Auseinandersetzung bei Visconti *musée Pie-Clémentin* VII p. 188 fg., der allerdings glaubt, dass die Asche der drei Kinder in das Mausoleum überführt worden sei.

[38] Sueton Gaius c. 15; Dio 59 c. 3; vergl. Dio 58, 22: (Tiberius) τὰ ὀστᾶ αὐτῶν οὐ μόνον οὐκ ἐς τὸ βασιλικὸν μνημεῖον κατέθετο, ἀλλὰ καὶ κρυφθῆναί που κατὰ τῆς γῆς ἐκέλευσεν, ὥστε μηδέποτε εὑρεθῆναι.

[39] Dio 59 c. 3: τὰ ὀστᾶ τά τε τῆς μητρὸς καὶ τὰ τῶν ἀδελφῶν τῶν ἀποθανόντων. Auf die Sammlung der Gebeine beider Brüder möchte ich auch beziehen Sueton Tiberius c. 54: *amborum sic reliquias dispersas ut vix quandoque colligi possent.*

[40] Dio 59 c. 11 sagt zwar nur: δημοσίας δὲ ταφῆς ὁ ἀδελφὸς ἠξίωσε, vgl. Seneca ad Polybium § 36.

[41] Sueton Gaius c. 23: *nec defunctae ullum honorem habuit prospexitque e triclinio ardentem rogum;* verbrannt wird sie wohl auf dem Bustum im Marsfelde sein.

[42] Sueton Claudius c. 11; Dio 60 c. 5.

[43] Sueton Gaius c. 59. Über die neben den Gärten des Maecenas gelegenen Lamischen Gärten vgl. Philo leg. ad Gaium § 44 und Nibby Roma antica II p. 320 ff.

[44] Ausdrücklich erwähnt wird die Beisetzung im Mausoleum nicht, doch können die Worte *funeris sollemne perinde ac divo Augusto celebratur* (Tacitus ann. XII c. 69; ähnlich Sueton Claudius c. 45; Dio 60 c. 35) nicht anders verstanden werden. Über die von Nibby Roma ant. II p. 525 nicht mit Recht auf das bustum Caesarum bezogene Stelle Seneca's (apocol. c. 13): *trahit . . per campum Martium et inter Tiberim et viam tectam descendit ad inferos* vgl. Becker Topogr. S. 641 Anm. 71.

[45] Tacitus ann. XIII c. 17 sagt freilich nur: *in campo tamen Martis sepultus est*; doch ist damit wohl das Mausoleum gemeint. Sueton Nero c. 33 spricht allgemein von dem *tralaticium funus;* Dio 61 c. 7 erwähnt nur den Zug über das Forum.

[46] Über Agrippina berichtet Tacitus ann. XIV c. 9: *cremata est nocte eadem, convivali lecto et exequiis vilibus neque, dum Nero rerum potiebatur, congesta aut clausa humus; mox domesticorum cura levem tumulum accepit viam Miseni propter et villam Caesaris.*

[47] Tacitus ann. XVI c. 6.

[48] Sueton Nero c. 50.

[49] Sueton Vitellius c. 11: *medio Martio campo* (vgl. Anm. 35) *adhibita publicorum sacerdotum frequentia inferias Neroni dedit,* vgl. Tacitus hist. II c. 95; Eutropius VII, 18 (daraus Suidas s. v. Βιτέλλιος).

[50] Tacitus histor. I c. 49; Suetonius Galba c. 20; Eutropius VII c. 10. Nibby glaubt, dass dieselben bei der Villa Corsini gelegen waren.

[51] Tacitus histor. II c. 49: *sepulcrum modicum et mansurum;* Sueton Otho c. 11; Philostrat Apollonius V c. 13; Plutarch Otho c. 18: εἶδον δὲ ἐν Βριξέλλῳ γενόμενος καὶ μνῆμα μέτριον καὶ τὴν ἐπιγραφὴν οὕτως ἔχουσαν εἰ μεταφρασθείη· 'δηλώσει Μάρκου Ὄθωνος', d. h. vielleicht *insigni memoriae* oder *memoriae et testimonio* (vergl. C. J. L. VIII n. 4242 und 5737). Dass *memoriae* auf der Inschrift gestanden hat, geht auch aus Sueton Vitellius c. 10 hervor: *lapidem* m e m o r i a e *Othonis inscriptum intuens, dignum eo mausoleo sit* (mit Anspielung auf das kaiserliche Grabmal in Rom); so empfiehlt auch Otho der Messalina *reliquias suas et memoriam* (Sueton Otho c. 10), d. h. sein Grab.

[52] Tacitus histor. III c. 85; Sueton Vitellius c. 17; Dio 65 c. 21; Victor Caesares c. 6; Eutrop. VII c. 18.

[53] Zwar sagt Martial V, 64: *tam vicina iubent nos vivere mausolea, cum doceant ipsos posse perire deos.* Die von Becker versuchte Beziehung auf das *templum gentis*

Flaviae weist Friedlaender in seinem Commentar mit Recht ab; doch möchte ich keineswegs mit ihm an die Grabmäler des Caesar und Augustus, sondern nur an das letztere denken. Der dichterische Gebrauch des Plurals ist überhaupt und hier insbesondere, mit Rücksicht auf die zahlreichen Grabstätten in dem Mausoleum, durchaus unanstössig.

[54] Cohen *méd. impér.* I[2] p. 427 mit Anm. 1.

[55] Friedlaender, Sittengeschichte III S. 435. Über das Gebäude vergl. Becker Topographie S. 586 fg.

[56] Vergl. *Bull. comun. di Roma* 1873 p. 229.

[57] Sueton Domitianus c. 17, vergl. Dio 67 c. 18; Eutropius VII c. 23.

[58] Die Lesart einiger Handschriften *honore delato* oder *relato* ist zu verwerfen; die Erklärung der Stelle bietet Sueton Augustus c. 100: *senatorum humeris delatus in campum.*

[59] Ich gebe den Text nach Jordan's Ausgabe: Topogr. II S. 629; Parthey §. 34 S. 30 schreibt dem späten und interpolirten cod. Vatic. 4265 (vergl. Jordan p. 364) folgend: *hec sunt ossa cinis nerveque imperatorum et victoriae quas fecerunt.*

[60] Topographie II S. 436.

[61] Eutropius VIII c. 5; vergl. Becker Topographie S. 384.

[62] Gregorovius: Hadrian S. 504.

[63] Dio 69, 23: τὸ γὰρ τοῦ Αὐγούστου (scil. μνῆμα) ἐπεπλήρωτο καὶ οὐκέτι οὐδεὶς ἐν αὐτῷ ἐτέθη. Ein *M. Ulpius Aug. l. Aeglus proc. mausolaei:* C. J. L. VI n. 8686.

[64] So Gregorovius a. O. S. 503 A. 1.

[65] C. J. L. VI n. 984. 985 mit den dort beigefügten Belegstellen; geradezu als Bau des Antoninus Pius bezeichnet das *sepulcrum Hadriani* sein Biograph c. 8; die Nachricht desselben (c. 5): *Hadriano apud Baias mortuo reliquias eius Romam pervexit sancte ac reverenter atque in hortis Domitiae conlocavit* beziehen Marini (*iscriz. doliari* p. 37) und Preller (Regionen S. 211 ff.) nicht auf die definitive Bestattung in dem Grabmal des Hadrian, sondern auf eine Ausstellung der Leiche oder eine vorläufige Beisetzung und schliessen daraus, dass das Mausoleum sich nicht in diesen Gärten befunden habe; ich stimme den Ausführungen Becker's (Handbuch II, 1 S. 401 ff.) bei; ohne Zweifel hat Antoninus die Überführung der Asche Hadrian's nach Rom erst vorgenommen, als das Mausoleum vollendet war. — Betreffs des Porphyrsarkophages, in dem sich Hadrian's Gebeine befunden haben sollen, vergl. Jordan Topographie II S. 433.

[66] Ich verweise auf die Anmerkungen zu C. J. L. VI n. 984 ff. Commodus ist, um seinen Leichnam der Verstümmelung zu entziehen, zunächst in aller Stille begraben worden (vita c. 20; Dio 73, 2); die Beisetzung im Antonineum ist erst durch Pertinax vollzogen worden: vita Commodi c. 17. Gelegentlich sei bemerkt, dass in Herodian's Bericht über die Ermordung des Commodus (II, 1, 2): τὸ μὲν οὖν σῶμα τοῦ βασιλέως ... ἐς τὸ ἀριστεῖον ἔπεμψαν für das sinnlose ἀριστεῖον sicherlich Ἄρεος πεδίον zu schreiben ist. Dass diese, wie ich nachträglich sehe, schon von Gedike vorgeschlagene Emendation von dem neuesten Herausgeber Herodian's nicht einmal der Erwähnung für werth befunden worden ist, muss befremden.

[67] Procopius b. G. I c. 22.

[68] Vita c. 8 §. 10. Über das Verwandtschaftsverhältniss vergl. Cantarelli *bull. comun. di Roma* 1884 S. 76 ff.

[69] Dio 74 c. 4—5; vita c. 15 §. 1; die Beisetzung im Hadrianischen Grabmal wird allerdings nicht ausdrücklich erwähnt.

[70] Vergl. meine Bemerkungen zu der Biographie des Severus in Wiener Studien 1884 S. 125 ff., wo auch die Angaben über die Bestattung des Kaisers und seiner Familie zusammengestellt sind. — Über 'das Septizonium des Septimius Severus' vergl. das soeben erschienene Berliner Winckelmanns-Programm von Christian Hülsen, der (S. 35) an der Nachricht über das von dem Septizonium zu unterscheidende Grabmal nicht zweifelt.

[71] Dio 79 c. 20; Herodian V, 8, 9; vita Heliogabali c. 17 und 33: *et occisus et per circos* (so ist wohl zu schreiben für die corrupte Überlieferung: *est per scurras,*

vergl. c. 17: *tractum est cadaver eius etiam per circi spatia) et per plateas tractus et sordidissime per cloacas ductus et in Tiberim submissus est.*

[72] So wurde dem dritten Gordian ein Grabmal *apud Circesium in finibus Persidis* (vita c. 34) errichtet, das noch Ammianus (23, 5, 7) sah; jedoch war es ein Cenotaph, vergl. Eutrop IX, 2, 3: *miles ei tumulum vicesimo miliario a Circesio, quod castrum nunc Romanorum est Euphrati imminens, aedificavit, exequias Romam revexit.* Über das Grabmal des Probus in Sirmium vergl. vita c. 21, 4.

[73] Über die Cenotaphien des Tacitus und Florianus in Interamna vergl. vita Taciti c. 15.

[74] Victor Caesares 41, 16 fg.: *funus relatum in urbem sui nominis; quod sane populus Romanus aegerrime tulit, quippe cuius armis legibus clementi imperio quasi novatam urbem Romanam arbitrarentur.*

Zum römischen Sacralrechte. II.

Von Alfred Pernice.

(Vorgetragen am 11. November [s. oben S. 983].)

In einer früheren Erörterung habe ich nachzuweisen angefangen, dass die Verhältnisse des römischen Sacralrechts formell und materiell unter anderen Normen stehen, als die des privaten und des öffentlichen Rechtes[1]. Wie ihre Wirkungen andere, im wesentlichen rein sacrale waren, wie sie namentlich nicht unter den ordentlichen Rechtsschutz gestellt worden sind, so haben sie auch für ihre Begründung und ihren Bestand andere Voraussetzungen. Über die Formen der sacralen Rechtsgeschäfte ist bereits ausführlich gesprochen; die Frage des Rechtsschutzes lässt sich nur im Zusammenhange mit den einzelnen Rechtsverhältnissen behandeln. Daher wende ich mich zunächst zu den subjectiven Vorbedingungen.

I.

Der Unterschied in der rechtlichen Stellung des Hausherrn und des Hauskindes gilt bekanntlich nur für das Privatrecht: hier ist der Haussohn zwar selbständig verpflichtungsfähig, aber er erwirbt Befugnisse nicht für sich, sondern lediglich für den Vater. Das öffentliche Recht kennt nichts ähnliches: hier steht der Haussohn in der Volksversammlung, im Heere, in den Ämtern dem Hausherrn durchaus gleich. Und grundsätzlich ist das nämliche auch für das Sacralrecht und seine Geschäfte anzunehmen: bei sacralen Acten handelt der Haussohn formell vollkommen selbständig. Aber freilich wirken die Befugnisse und Verbindlichkeiten, welche dadurch begründet werden, vielfach direct oder mittelbar auf das Familienvermögen ein: die Dinge müssen sich dadurch verwickeln[2]. Die nothwendige

[1] Sitzungsberichte 1885. S. 1143 ff.

[2] Ganz ähnliche Schwierigkeiten ergaben sich aus der abhängigen privaten Stellung des Haussohnes auch für das öffentliche Recht. Der Erwerb, den der Haussohn als Beamter machte, gehörte in republicanischer Zeit offenbar mit zum Familienvermögen und kam beim Tode des Vaters mit zur Erbschaftstheilung. Das wird man

Vermittelung ist in verschiedenster Weise gesucht und vollzogen worden.

1. Bei der *confarreatio* kommt unseres Wissens der Wille der Väter von Braut und Bräutigam überhaupt nicht formell zum Ausdrucke. Und doch müssen wir regelmässig voraussetzen, dass mindestens die Braut sich noch in väterlicher Gewalt befindet; denn wir wissen, dass es sich durchgängig um die Verheirathung sehr junger Mädchen handelte[1]. Wenn beim Eheabschlusse eine Erklärung abgegeben wird, so geschieht das sicher von Seiten der Braut ohne Betheiligung ihres Gewalthabers: ubi tu Gaius, ibi ego Gaia (I, S. 1162). Dennoch zog die Confarreation als bürgerliche Wirkung die in manum conventio nach sich, also die Loslösung vom angestammten Hause. Auf der anderen Seite wird durch den Eheabschluss die eheherrliche Gewalt dem Haussohne selbst erworben, nicht dessen Gewalthaber[2]. Unmittelbar vermögensrechtliche Nachtheile erwachsen hiernach dem Vater aus der in m. conventio nicht. Allein es liegt auf der Hand, dass nur mit Einwilligung des Hausherrn sich die Tochter vom angestammten Hause trennen und der Sohn ihm eine neue Tochter und Erbin zuführen darf. Man muss annehmen, dass er seine Zustimmung irgendwie ausgesprochen hat, und zwar ausserhalb der Confarreationsfeierlichkeit. Damit war auf der einen Seite die sacralrechtliche Selbständigkeit des Haussohnes formell gewahrt, auf der anderen dem wirthschaftlichen und Familieninteresse Genüge gethan.

2. Ganz ähnlich steht es bei der Caption der Vestalischen Jungfrau. Hier wird geflissentlich die Zustimmung des Vaters zur Losreissung des Mädchens vom Hause aus der Solennität selbst fern gehalten. Als handelnd erscheint nur der Pontifex, als leidend das bei der Caption angeredete, jedesfalls unmündige Kind[3]. Die väterliche Einwilligung muss demnach ausserhalb des eigentlichen Sacralactes erklärt worden sein; denn unmöglich kann sie gefehlt haben, da die Vestalin sogar von der agnatischen Vormundschaft frei wird und über ihr Vermögen letztwillig verfügen darf[4]. Aus der Analogie

für den Lictorenlohn ohne weiteres zugeben; aber eben dahin gehören auch die rechtmässigen Ersparnisse aus der Provinzialverwaltung (Cicero *ep.* 5, 20. 9; Mommsen, Staatsrecht 1, 285). Bezeugt ist dieser Satz meines Wissens nirgends. Aber er folgt, meine ich, mit Nothwendigkeit aus der späteren Gestaltung des castrense peculium: nam quae sunt parta labore militiae placuit non esse in corpore *census, omne tenet cuius regimen pater* (Juvenal 16, 53).

[1] Marquardt, Privatleben S. 42.

[2] Gaius 2, 159; Ulpian 22, 14 (Labeo 1, 159).

[3] Gellius 1, 12. 1; Labeo 1, 182 f.

[4] Es kommt auch in Betracht, dass der Vater Gründe für die Ablehnung geltend machen darf: Gellius 1, 12. 6sqq. Nur im Falle der Auslosung könnte die formale Zustimmung überflüssig erschienen sein. Gellius 1, 12. 12.

des gleich zu besprechenden Gelübdes, der öffentlichen Dedication[1], und namentlich der hier besonders nahe liegenden Arrogation darf man schliessen, dass die Zustimmung in Form der auctoritatis interpositio erfolgte: der Arrogandus muss sich formell einverstanden erklären, wenn ihm durch ein Gesetz die Gewalt über sich selbst aberkannt wird[2].

3. Etwas besser sind wir über die Gelübde der Hauskinder unterrichtet. Dass diese fähig sind durch Votum einer Gottheit zu versprechen, ist nicht zweifelhaft; aber darin liegt nichts vom Privatrechte Abweichendes: sie können sich auch durch Privatrechtsgeschäfte verpflichten. Der wesentliche Unterschied indessen ist, dass Haussöhne bei Gelübden behandelt werden wie im Privatverkehre selbständige Frauen: sie können nur unter Vollwort ihres Gewalthabers eine bindende Gelübdeerklärung abgeben. D. 50, 12. 2, 1: *voto autem patres familiarum obligantur puberes sui iuris; filius enim fam. vel servus sine patris dominive auctoritate voto non obligantur*[3]. Damit ist auf der einen Seite anerkannt, dass die Haussöhne für das geistliche Recht wie für das öffentliche von ihrem Vater formell unabhängig sind; denn nur gegenüber einem homo sui iuris kann von Auctoritas die Rede sein[4]. Andererseits aber wird durch das Vollwort der Hausherr vor wirthschaftlichen Nachtheilen gesichert. Zunächst ist freilich der Sohn nur persönlich gebunden; aber er ist gebunden zu 'weihen', d. h. zur Hingabe eines Vermögensgegenstandes an den Gott; er verfällt, wenn er das Gelübde nicht erfüllt, der Strafe der violata religio, die eine rein geistliche ist (I, 1149). So stellt sich die Dedication lediglich als Vollzug des Gelübdes dar, als selbstverständliches Anhängsel, wie die Tradition lediglich Ausführung des Verkaufes ist. Der Hausherr kann seinen Sohn nicht *impius* werden lassen, er muss also in die Darbringung des Vermögensgegenstandes aus Rücksicht der Pietät und des Officiums willigen. Gerade deshalb hat man sein Vollwort schon als erforderlich für die Gültigkeit des Gelübdes angesehen; ganz ebenso muss der Vormund schon beim Verpflichtungsgeschäfte der Frau und des Unmündigen auctorieren, obwohl damit das Vermögen noch nicht gemindert wird[5]. Hier soll ein unausgleichbarer religiöser

[1] Sacrum quidem hoc solum existimatur, *quod ex auctoritate populi R. consecratum est:* Gaius 2, 5 (I, 1152).

[2] Gellius 5, 19. 4.

[3] Die Stelle habe ich Labeo 1, 105 f. nicht ganz zutreffend behandelt. Die Äusserung des Servius *Aen.* 11, 558 verstehe ich nicht: ipse pater famulum voveo] bene 'ipse pater', quia auctoramenti potestatem nisi patres non habent; voveo autem consecro in tuum ministerium.

[4] Labeo 1, 186 f.

[5] Ulpian 11, 27; Gaius 1, 192; 3, 107 sq.

Zwiespalt vermieden werden, der entstehen müsste, wenn der Hausherr nach gültigem Gelübde seine Zustimmung zur Vergabung aus dem Vermögen verweigerte. Umgekehrt ist es natürlich nicht ausgeschlossen, dass der Hausherr aus religiöser Scheu und Gewissensdrange die Dedication bewilligt, wo ohne sein Vollwort ein Gelübde gethan worden ist.

4. Durch den Versprechenseid bindet sich der Haussohn begreiflicher Weise nur persönlich; er ist meineidig, wenn er die Zusage nicht hält. Es kommt auf den guten Willen und das Gewissen des Vaters an, ob er für den Sohn einsteht[1]. Der Schiedseid und dessen Behandlung geben kein unverfälschtes Bild dieses Eidesrechts. Denn wie die Juristen ausdrücklich sagen, enthält er einen Vergleich oder Vertrag[2]. Seine Folgen wirken also auf das Familienvermögen zurück und müssen daher vom bürgerlichen Rechte mitbestimmt werden. Es ist natürlich, dass die Juristen auf diese Seite das Hauptgewicht legen. Sie gestatten dem Haussohne den Schiedseid ohne Weiteres zu schwören: daraus erwächst dann dem Vater eine Einrede[3]; es ist ihm durch den Sohn eine Befugniss erworben. Dagegen soll der Sohn den Eid nur dann zuschieben dürfen, wenn ihm die 'freie Verwaltung' seines Sondervermögens zusteht[4]; denn er darf das Familiengut nicht willkürlich vermindern oder belasten[5]. Ob die libera administratio von jeher nothwendiges Erforderniss der gültigen Eides-

[1] Das schildert Plautus *Bacch.* 1028 (4, 9. 105 sqq.) sehr anschaulich: ego iusiurandum verbis conceptis dedi daturum id me hodie mulieri ante vesperum . . . nunc, pater, ne peierem, cura atque abduce me hinc ab hac quantum potest et q. s.: vergl. *Cist.* 1, 1. 100; 2, 1. 24; Terenz *Hec.* 60 (1. 1. 3), dazu Donat: quod totum de more amatorum et meretricum dixit, quae iureiurando teneant, quos lege non possunt.

[2] D. 12, 2. 2; 15, 1. 5, 2: si filius fam. iusiurandum detulerit et iuratum sit, de peculio danda est actio, quasi contractum sit; quod in servo diversum est.

[3] D. 44, 1. 24; 44, 5. 2 pr.

[4] Man beruft sich dafür auf D. 12, 2. 20—25 (Savigny, System 7, 58; Mandry, Familiengüterrecht 2, 89). Die Stelle spricht von Sclaven, nicht von Haussöhnen; fr. 22 heisst es: eadem de filio fam. dicenda sunt; was aber dies 'nämliche' sei, ob das unmittelbar Vorhergehende oder alles vorher Gesagtes, ist nicht klar. Damit gewinnt Ulpian 15, 1. 5, 2 (A. 2) Bedeutung. Der Haussohn darf einen Schiedseid zuschieben, die Peculienklage geht deswegen gegen den Hausherrn; von freier Verwaltung ist keine Rede; das gilt aber nicht vom Sclaven. Der Widerspruch ist, wie die Stellen lauten, offensichtlich und vielfach bemerkt. Cujaz (zu Paulus ad ed. l. 18; *opp.* 5, 216c) hat ihn dadurch zu lösen gesucht, dass der Haussohn ohne 'freie Verwaltung' den Eid zuschieben dürfe, der Sclave dagegen nicht ohne sie. Auch ich weiss keinen besseren Ausweg. Aber der Unterschied zwischen Sclaven und Haussohn ist ohne die Annahme schwer zu erklären, dass sich die Lehre von der freien Verwaltung überhaupt erst später herausgebildet habe; und die Worte 'si administrationem habuit' ohne *liberam* in fr. 20 c. sehen ganz wie eine Zuthat der Compilatoren aus.

[5] D. 12, 2. 24.

zuschiebung war, mag dahin gestellt bleiben[1]; für die grundsätzliche Auffassung des Verhältnisses ist das ohne Bedeutung. Denn offenbar wird hier wieder zwischen der Eidesfähigkeit des Haussohnes und deren möglichen nachtheiligen Folgen für das Hausvermögen eine Vermittelung gesucht. Die concessio liberae administrationis hat hier denselben Sinn wie die auctoritas beim Votum: eine Ermächtigung zum Abschlusse von Rechtsgeschäften mit der Maassgabe, dass der Hausherr selbst daraus haftet[2]. Das nämliche liegt aber auch ohne Weiteres in der Hingabe eines Peculiums.

II.

Viel wichtiger ist die Stellung des **Sclaven** im Sacralrechte. Nach Civilrecht ist er keine Person, er hat kein caput; er ist nur Gegenstand, nicht Subject des Rechtsverkehres. Freilich kann er sich durch Verbrechen ersatzpflichtig machen; es kann gegen den Herrn, und wenn er freigelassen worden ist, gegen ihn selbst geklagt werden: der Gewalthaber muss für die noxa einstehen, und der Freigelassene hat sich selber in der Gewalt — das ist dabei die Vorstellung der römischen Juristen[3]. Rechtsgeschäfte, die der Unfreie abschliesst, befugen seinen Herrn, sie verpflichten aber weder den Herrn noch den Sclaven, *in personam servilem nulla cadit obligatio*[4]. Indessen hat man später eine sogenannte Naturalobligation des Sclaven anerkannt; geklagt darf gegen ihn auch nach der Freilassung nicht werden; aber es können Bürgen für seine Schuld eintreten[5], und das auf die Obligation hin Geleistete kann nicht zurückgefordert werden[6]. Der Grund dieser Rechtsstellung liegt nicht darin, dass der Sclave einen Herrn hat; denn auch der herrenlose Sclave ist rechtsunfähig. Vielmehr ist er darin zu finden, dass der Unfreie ein unvergasteter Fremder und als solcher rechtlos ist. Die Satzungen des ius gentium können auf ihn nicht angewendet werden; denn die Sclaverei selbst erscheint den Römern als eine Einrichtung des ius gentium. Dass sie nicht bloss wider die natürliche Ordnung, sondern auch wider die Vernunft ist, war den römischen Juristen vollkommen klar.

[1] Labeo 1, 133 f.; dagegen Mandry 2, 90 f., der mich nicht in allen Punkten überzeugt hat.

[2] Labeo 1, 136 (die Bemängelung dieser Worte bei Mandry 2, 139[11] ist mir unverständlich; er selbst sagt S. 102 f. nichts anderes).

[3] D. 47, 10. 17, 7; Labeo 1, 119.

[4] D. 50, 17. 22 pr.; Gaius 3, 104; D. 44, 7. 43.

[5] D. 46, 1. 21, 2; 15, 1. 50, 2.

[6] D. 12, 6. 13.

In der That musste ihnen der Zwiespalt deutlich vor Augen treten; denn das geistliche Recht behandelt den Sclaven anders, als das bürgerliche: es erklärt ihn in gewissem Umfange für rechts- und handlungsfähig[1]. Es liegt auf der Hand, dass der Sclave auch von bestimmten Sacralrechtsgeschäften ausgeschlossen bleiben muss, wie von der Confarreation, namentlich aber von allen denen, die in geschichtlicher Zeit einen römischen Beamten als handelnde Person voraussetzen, wie Evocation und Auspication. Andere dagegen sind dem Sclaven zugänglich: Gelübde, Weihe, Eid, Begräbniss. Hier erscheint er nicht als Verkehrsgegenstand, auch nicht lediglich als Werkzeug seines Herrn, so dass er von dessen Rechtsfähigkeit getragen und erfüllt würde; sondern als selbständig handelnd und mit eigener Rechtsfähigkeit ausgestattet, so dass er für sich Befugnisse erwirbt und Verbindlichkeiten übernimmt. Daraus entsteht dieselbe Schwierigkeit, wie bei den Haussöhnen: der Vollzug der Sacralrechtsgeschäfte berührt das Vermögen des Herrn. Sie ist in verschiedener Weise ausgeglichen worden. Die Sacralgeschäfte des Sclaven und mit dem Sclaven gehen natürlich die Gerichtsgewalt zunächst nichts an; sie können nicht durch Staatshülfe erzwungen werden. Aber in einigen Fällen, die für den Verkehr von Wichtigkeit schienen, haben die weltlichen Behörden eingegriffen. Dann haben sie erklärlicher Weise ihre eigenen Erfordernisse für die Anerkennung der bürgerlichen Gültigkeit der Rechtsgeschäfte aufgestellt oder hinzugefügt.

1. In erster Reihe stehen hier Votum und Dedication. Schon in republicanischer Zeit kommen Gelübde von Sclaven vor; in der Kaiserzeit sind sie sehr gewöhnlich. Es ist nicht zu erkennen, dass sie auf bestimmte Gottheiten beschränkt gewesen wären: Jupiter, Hercules, bona Dea, also die Staatsgötter des römischen Volkes, werden so gut mit Versprechen bedacht, wie Mithras. Die Formeln sind ganz dieselben, wie bei den Dedicationen freier Personen: *ex voto, votum solvens libens merito, voto suscepto d. d.* Die Weihenden sind so häufig kaiserliche und Privatsclaven, wie Staats- und Gemeindehörige. Es erscheint fast überflüssig, für alles das Beispiele und Belege zusammen zu bringen[2]. In den Fällen aus republicanischer Zeit wird die Dedication mehrfach als erst nach der Freilassung vollzogen bezeichnet[3];

[1] Der Ausspruch Böcking's (Pand. 1, 148): 'der Sclave ist den Göttern ein Mensch gleich dem Freien' ist in dieser Allgemeinheit jedesfalls unrichtig. Durch die Berufung auf D. 11, 7. 2 pr. (s. u. N. 4) wird er begreiflich nicht bewiesen.

[2] Jupiter u. Diana: CIL 3, 1849; 3500; 4024; 4414, 5135, 5148; Or. 2786; Hercules: CIL. 3, 1573a, 5123; 6, 276; Libero votum posuerunt: CIL. 3, 1303; Isis: 3, 4015; bona Dea: Or. 2822; 2386; Mithras: CIL. 3, 3960, 4032; Silvanus: Or. 2386.

[3] CIL. 1, 816: Q. Mucius Q. [l.] Trupho servus [vovit] liber sol[vit] l. m. bonae Deae sacr[um]; 1233a: Herculei sacrum C. Marci C. l. Alex[ander] fecit;

doch kommen auch Weihen der Sclaven selbst vor[1]. In der Kaiserzeit dagegen consecrieren die Sclaven, soweit ich sehe, durchgängig selbst, und von einer Zustimmung ihrer Herren ist dabei keine Rede[2]. Das kann auf Zufall beruhen. Vielleicht aber ist darin eine Fortbildung des Rechtes zu erblicken. Der Sclave ist durch das Gelübde *voto obligatus* und kann der göttlichen Strafe so gut verfallen, wie ein Freier, wenn er sein Versprechen nicht erfüllt. Aber um ohne Einspruch des Herrn einen Vermögensgegenstand weihen und damit dem weltlichen Eigenthume entziehen zu können, wartet er ab, bis er sein eigener Herr ist und sein eigenes Vermögen hat. Später wird dann der Sclave ganz wie der Haussohn behandelt: sein Gelübde ist nur unter Vollwort des Herrn gültig (s. o. I, 3). Sonach wird der Sclave als sacralrechtlich verpflichtungsfähig, als Person seit alter Zeit anerkannt: die daraus hervorgehende wirthschaftliche Schwierigkeit wird umgangen, nicht gelöst.

2. Dem entspricht es, dass die Sclaven sich durch Eid verpflichten können. Diese Sacralverbindlichkeit darf der Sclave so gut dritten Personen, wie seinem Herrn gegenüber eingehen. Versprechen an Dritte werden meines Wissens nur sehr selten erwähnt: indess kommen sie doch vor[3], und an ihrer Zulässigkeit und sacralen Gültigkeit kann meines Erachtens kein Zweifel sein. Sie ergiebt sich vor allem daraus, dass dem Sclaven der Schiedseid zugeschoben werden darf und sein Schwur verbindlich ist[4], d. h. der Herr kann auf die vom Sclaven beschworene Thatsache Klage und Einrede begründen[5]. Der Unfreie steht also hier vollständig wie der Haussohn[6]. Die römischen Juristen finden die Rechtfertigung für diese Behandlung der Sache in der *religio* allein[7] oder in der *religio et conventio*[8]. Und gewiss enthält der Schiedseid ein Vertrags-, genauer ein Vergleichs-

servos fecit, liber solvit. Auch Ovid *met.* 9, 794: dona puer solvit quae femina voverat Iphis.

[1] CIL. 1, 1167 sq.: Nicomacus Saf. L. S., Paapia Atiadi l. s., .. menti bonae basim don. dant; menti bonae d. d. Surus Tettiani s.; vergl. 602.

[2] Sehr bezeichnend ist: CIL. 5, 3998 (Wilmanns 2654): ... et lac[u] Benaco Successus Q. Samici Myrini (servus) v. s. l. m.; Q. Samicius Successus iter[avit]; vergl. dazu Mommsen.

[3] Plautus *As.* 562 (3, 2. 12): ubi verbis conceptis sciens libenter periuraris (von einem Sclaven); *Capt.* 426 (2, 3. 64). Auch die Sclaven, die nach der Schlacht bei Cannae in's Heer eingestellt wurden, scheinen beeidigt worden zu sein: Servius *Aen.* 9, 946; Val. Max. 7, 6. 1 (adactos iureiurando strenuam se fortemque operam daturos ... in castra miserunt). Anderswo findet sich dies nicht hervorgehoben.

[4] D. 12, 2. 23.

[5] D. 12, 2. 25.

[6] D. 12, 2. 24; 44, 5. 2 pr.

[7] Paulus 12, 2. 24.

[8] Ulpian 12, 2. 25 extr.

element[1]. Allein das ist hier nicht das entscheidende; sondern dass die eidliche Versicherung des Sclaven als wahr und unantastbar hingenommen wird und dass sich daran die gleichen processualischen Folgen knüpfen, wie an den Schwur eines Freien. Von diesem Gesichtspunkte aus darf man allerdings vom assertorischen Processeide auf den promissorischen Verkehrseid schliessen. Selbstverständlich führte das eidliche Versprechen nicht zu einer klagbaren Verpflichtung, sondern nur zum *religione teneri.* Ob der Herr des Sclaven irgendwie sich betheiligen musste, wissen wir nicht; aber es ist höchst unwahrscheinlich; denn hier versagt die Analogie des Schiedseides. Bei Zuschiebung und Annahme des Eides wird allerdings die Wirkung davon abhängig gemacht, dass der Sclave die libera administratio peculii hatte[2], also zur Verfügung über das Sondervermögen ermächtigt war. Aber in beidem liegt auch der unmittelbare und unabwendbare Rückschlag auf das Vermögen, und darum ist die Genehmigung des Herrn erforderlich. Dagegen hat der Versprechenseid keine vermögensrechtlichen Folgen.

Eine sehr grosse Rolle spielen die eidlichen Promissionen der Sclaven an den Herrn im Freilassungsrechte: die *iurata operarum promissio.* Die Zusage von Fronden wird in der classischen Zeit von dem Liberten abgegeben[3]. Aber das ist nicht die alte Weise. Vielmehr wird ursprünglich der Eid dem Sclaven vor der Freilassung abgenommen, und dieser wird dadurch selbstverständlich nur religiös verpflichtet. Das liegt, meine ich, in der Natur der Sache: sonst hätte der Herr gar keine Handhabe, den freien Mann zu Dienstleistungen zu zwingen, nachdem einmal in ziemlich früher Zeit die Unwiderruflichkeit der feierlichen Manumissionserklärung anerkannt war. Schwerlich wäre man beim Liberten, dem rechtlich Freien, auf einen Eid verfallen; die Stipulation lag viel näher, und sie war ja später das Gewöhnliche[4]. Es ist denn auch ausdrücklich bezeugt, dass es früher bestritten war, ob nicht mindestens der Sclave gleichfalls, ebenso wirksam wie der Freigelassene, eidlich sich verpflichten könne; und sicher ist es noch in classischer Zeit üblich gewesen, den Sclaven vor

[1] D. 12, 2. 26 pr.: custodiri debet iusiurandum adversus eum *qui contentus eo cum deferret fuit.*

[2] Paulus D. 12, 2. 20.

[3] D. 38, 1. 7 pr. §. 2.

[4] Man könnte nur einwenden, die stipulatio incerti sei der älteren Zeit unbekannt, und deshalb die promissio operarum ausgeschlossen. Dann wäre immer noch die stip. poenae das bequemste Mittel gewesen. — Es wäre auch möglich die iurata promissio in die Zeit zurückzuverlegen, wo der Sclave durch die Manumission nicht rechtlich, sondern nur thatsächlich frei wurde (Mommsen, R. Forschungen 1, 358 f.): er wäre dann zu civilen Rechtsgeschäften unfähig gewesen.

der Freilassung den Frondeneid abzunehmen, um sie dadurch zur Erneuerung des Schwures nach der Freilassung zu nöthigen[1]. Daneben gab es noch ein von Drusus vorgeschlagenes Auskunftsmittel: man machte die Freilassung wegen eines an sich gleichgültigen Formenmangels rückgängig, wenn der Libert *eadem* (quae in servitute) *liber non iuraret*[2].

Der Grund für die Nothwendigkeit, den Schwur in der Freiheit zu leisten oder zu wiederholen, liegt allem Anscheine nach darin, dass die Verbindlichkeit klagbar geworden und darüber ein Edict aufgestellt ist. Dass der Prätor die Klage erst schuf, scheint mir in den Quellen geradezu bezeugt; 'der Prätor verheisst im Beginne seines Edicts eine Klage auf die Fronden zu geben'[3]. Bis dahin war der

[1] Marcell D. 40, 7. 24; Venuleius D. 40, 12. 44: licet dubitatum antea fuit, utrum servus dumtaxat, an libertus [servus an dumtaxat libertus?] iurando patrono obligaretur in his, quae libertatis causa imponuntur, tamen verius est non aliter quam liberum obligari. Ideo autem solet [solemus? solebant?] iusiurandum a servis exigere, ut hi religione adstricti, posteaquam suae potestatis esse coepissent, iurandi necessitatem haberent, [dummodo in continenti, cum manumissus est, aut iuret aut promittat]. Der Schluss der Stelle ist sicher interpoliert. Solche mit *dummodo* u. ä. angehängte Sätze sind an sich verdächtig (z. B. 8, 2. 26 extr.). Das *promittat* ist jedesfalls verkehrt, da im Vorhergehenden von der Stipulation gerade nicht die Rede gewesen ist; weswegen Eid und Versprechen sofort geschehen müssen, um gültig zu sein, ist gar nicht abzusehen; Ulpian berichtet (nach Celsus) 38, 1. 7, 2 das genaue Gegentheil: at sive statim sive post tempus iuraverit, obligatur. Lösungsversuche s. in der Glosse *incontinenti* fr. c, Faber (*coniect.* 20, 18 p. 7 sqq. p. 809) hält dagegen 38, 1. 7, 2 für 'offenbar' interpoliert; unzweifelhaft giebt dort das wiederholte emphatische *iuret* Anstoss.

[2] Cicero *ad. Att.* 7, 2. 8; Labeo 2, 170 A. 64.

[3] D. 38, 1. 2, 1. Lenel, Edict S. 270, meint, die Klage sei eine civile; das Edict lasse sie bestehen und schränke in anderer Beziehung die Befugnisse des Patrones ein. — Dabei scheint mir 1. die Bedeutung von Ulpians Redensarten in fr. 2 pr. überschätzt, die für geschichtliche Wahrheit genommen werden (S. B. 1885, S. 448); denn nur im Zusammenhange mit ihnen kann man 2. den Worten: *initio* (edicti) *praetor pollicetur se iudicium operarum daturum* den Sinn beilegen: der Prätor lässt die actio bestehen. Meines Erachtens können sie nur wie im Texte übersetzt werden. Die Klage wird aber bekanntlich im Edicte nie verheissen, wenn sie civil ist. 3. Marcell bemerkt D. 37, 12. 4: patri, qui filium emancipavit, de his, quae libertatis causa imposita fuerint praetor nihil edicit: *et ideo* frustra pater operas stipulabitur de filio. Er bezeugt also zweierlei: auch bei der Emancipation war impositio operarum libertatis causa üblich; aber klagbar waren die Fronden nicht, auch wenn sie stipulationsweise zugesagt waren. Demnach erzeugt hier ein rechtsgültiger Civilact ohne prätorisches Edict keinen klagbaren Anspruch. Der Grund dafür, dass der Prätor hier nicht edicierte, war, dass der Emancipierte nicht durch das officium zu Dienstleistungen verpflichtet erschien (D. 37, 15. 10). Beim Freigelassenen dagegen ist die ausdrückliche Zusage nur eine Steigerung des ohnehin durch das obsequium geübten Zwanges (Leist-Glück 5, 215; Parerga II, 21). Die Stipulation hat hier eben auch nicht ihre gewöhnliche Bedeutung. 4. Dass die iurata op. obligatio durch Acceptilation getilgt werden kann, scheint mir nicht so erheblich, wie Lenel. Althergebracht ist das nicht; Ulpian sagt: tolli verius est (D. 46, 4. 13 pr.), wahrscheinlich ist sie also nur von der Stipulation übertragen, weil die Acceptilation ein gratiam facere iurisi. in sich schliesst (Erman, Quittungen und Solutionsacte S. 51 f.). Umgekehrt scheidet sich die eidliche Zusage

Patron auf Selbsthülfe angewiesen, wie er ja dem Clienten überhaupt noch als halber Herr gegenüber stand[1]. Die a. operarum ist ihrem Wesen nach durchaus keine gewöhnliche a. ex stipulatu: sie führt nicht zum strictum iudicium, sie geht nicht auf die beiderseitigen Erben über, sie fällt weg, wenn ein anderes officium die Dienste des Freigelassenen in Anspruch nimmt, sie ist erst mit der 'Ansage der Dienste' begründet[2]. Alles das macht die obligatio operarum sehr geeignet für das Cognitionsverfahren. Der Prätor hat aber statt dessen die unbequemere Vermittelung durch eine actio wählen müssen, weil er ohne gesetzliche Ermächtigung nicht zum selbständigen Vorgehen befugt ist. Zur Anknüpfung dieser actio bedarf er eines Gestum, mindestens der Zusage eines Freien: ob diese der althergebrachte Eid oder die Stipulation war, ist für die actio operarum gleichgültig[3]. Mit der Klage aber ist auch die Obligation von selbst gegeben: daher ist es zulässig, dass ein Bürge für die Fronden des Freigelassenen eintritt[4].

3. Wie der Sclave eidlich Dritten sowohl als seinem Herrn versprechen kann, so sind auch eidliche Zusagen an den Sclaven nach Sacralrecht verbindlich. Fälle eidlicher Versprechungen an einen fremden Sclaven sind mir nicht bekannt. Der Herr aber wird seinem Sclaven häufig etwas, vor allem die Freiheit, zugesichert haben[5], und da ist es bezeichnend, dass hier zuerst eine Art auch bürgerlich bindender Verpflichtung des Herrn dem Unfreien gegenüber anerkannt worden ist. Der Vertrag wird von späteren Juristen geradezu auf die Fides, also das eigentlich verpflichtende Element des promissorischen Eides gegründet[6]. Seit der letzten republicanischen Zeit wird die Leistung der für die Freilassung ausbedungenen Summe als wirk-

von der promissio durch ihren Untergang bei cap. diminutio (Gaius 3, 46). 5. Das erheblichste Argument für Lenel ist meines Erachtens D. 38, 2. 1, 1: at quidem primus praetor Rutilius edixit se amplius non daturum patrono quam operarum et societatis actionem. Nimmt man Ulpian beim Worte, so verweigerte Rutilius die Klage allgemein zu geben im Edicte: das konnte er füglich nur einer Civilklage gegenüber. Aber wer zwingt uns, ihn hier beim Worte zu nehmen? Kommt damit wirklich ein erträglicher Edictssatz heraus? Ein Analogon ist mir nicht bekannt. Mir scheint, es ist sicherer den geschichtlichen Bericht über ein vergessenes Edict in der Wortfassung für ungenau zu halten, als die bestimmte Angabe über ein vorliegendes Edict zu deuten.

[1] Mommsen, R. Forschungen 1, 359 ff.

[2] D. 38, 1. 22, pr. §. 1; 31; 48 pr.; 13, 2.

[3] D. 38, 1. 15, 1; 37 pr.

[4] D. 38, 1. 8. 1; 46, 1. 56 pr.: si quis pro eo, qui libertus non esset et operas praestaturum se iurasset, fideiussor erit, non tenebitur.

[5] Plautus *Poen.* 361 (1, 2. 148).

[6] D. 40, 1. 5 pr. (Marcian); 5, 1. 53 (Hermogenian, von Marcian abgeschrieben oder aus gemeinschaftlicher Quelle?).

liche Zahlung einer Schuld aufgefasst[1]. Freilich erst seit Marcus und Verus wird der Herr im Verwaltungswege zur Manumission gezwungen[2]. Dagegen lässt sich ein Zusammenhang der Naturalobligation der Sclaven dritten Personen gegenüber mit ihrer Sacralrechtsfähigkeit nicht entdecken. Sie kommt unabhängig vom peculium erst in Hadrianischer Zeit, vielleicht durch Julian auf[3], und die Fides bleibt, so weit ich sehe, bei ihrer Aufnahme und Rechtfertigung ganz aus dem Spiele.

4. Begräbniss. Der Ort, wo ein Sclave begraben liegt, ist locus religiosus. Für diesen Satz beruft sich Ulpian auf Aristo als Gewährsmann[4]. Aber es ist stark zu bezweifeln, dass die zu Grunde liegende Anschauung erst aus der Zeit Traians stammt. Denn das Grab ist religiös als die Wohnung der dii Manes, und Manes werden dem Sclaven schon in republicanischer Zeit zugeschrieben[5]. Dabei muss man sich erinnern, dass das Grab des Feindes nicht locus religiosus ist[6], und dass umgekehrt das Grab des Bürgers seine Eigenschaft als res religiosa durch feindliche Eroberung verliert[7]. Darum darf man in der Heiligung des Sclavengrabes nicht etwa die Anerkennung der menschlichen Persönlichkeit des Unfreien finden. Vielmehr wird er damit als Mensch zugleich sacralrechtlich zum römischen Volke gerechnet. Ob wirklich alle Sclavengräber, ja alle Gräber überhaupt religiös waren, kann man bezweifeln: sie mussten doch wohl äusserlich durch ein Merkzeichen und namentlich durch eine Inschrift als solche kenntlich gemacht werden[8]. Dem entspricht es, dass das Auskratzen der Grabschrift als Gräberschändung bestraft wird[9]. Es kommt nun sehr häufig vor, dass ein Unfreier den anderen begräbt[10] und das in der Inschrift ausdrücklich bezeugt[11]. Man wird ein solches

---

[1] Servius 40. 1. 6; Labeo 33, 8. 8, 5; Labeo 1, 159 f.

[2] D. 40. 1. 5 pr.

[3] D. 46. 1. 21. 2 (Julian); 12. 6. 13 pr.; 46, 3. 83; Labeo 1, 149 f.

[4] D. 11, 7. pr. lcocum in quo servus sepultus est religiosum esse Aristo ait.

[5] Ob Varro *de l. L.* 6, 24: 'ut quod ibi prope faciunt diis Manibus servilibus sacerdotes' hierher gehört? Scaliger will '*arvales*' schreiben; sacerdotes für die Arvalbrüder findet sich allerdings. Aber wie kommen sie zu einem Opfer für die Manen?

[6] D. 47, 12. 4: sepulcra hostium religiosa nobis non sunt.

[7] Q. Mucius 11, 7. 36.

[8] So Wilmanns 383: ossa Clari [Ti. C]aesaris Augusti et [Iuli]ae Augustae [ser]vi Alexandriani; 385a; 2522 sqq.

[9] Paulus 1, 21. 8.

[10] Horaz *serm.* 1, 8. 8 sq. Kiessling z. d. St. nimmt an, dass das Begräbniss von Sclaven'collegien' besorgt werde. Darauf deutet bei Horaz nichts: gerade der einzelne Mitsclave kümmert sich um das *locare in arca vili*, und damit stimmen die Inschriften. Ob die zahlreichen Sclavencollegien gerade Begräbnissgenossenschaften sind, vermag ich nicht zu entscheiden.

[11] Wilmanns 170; 206 (v. J. 743); 222 (dis man. Naidi); 235 (deis et genio Rhodonis Domitiae Aug. ser.); 269 (?); 386; 2056; Or. 2839; 4443; 4538; CIL. 3, 1222, 1314, 2146, 2468, 2500, 2607 sq., 4720, 4993, 5267.

Grab unbedingt als locus religiosus anzusehen haben: der Sclave ist also wie zur Dedication so auch zur Grabweihe befähigt. Freilich werden wir auch hier die späteren objectiven Beschränkungen (I, 1155) des Religioswerdens als maassgebend annehmen müssen: der beerdigende Mitsclave musste Eigenthümer der Grabstelle sein; er konnte sie aus seinem Peculium für den Todten ankaufen oder sie konnte diesem bereits gehören. So findet auch hier eine Rückwirkung auf das Vermögen des Herrn statt, dem das Peculium rechtlich zusteht. Wie der Zwiespalt gelöst wurde, ist nicht klar ersichtlich. Spätestens seit dem Beginne der Kaiserzeit wird der Kaufpreis für die Grabstelle mit zur *impensa funeris* gerechnet; er ist daher Gegenstand der *a. funeraria*[1]: davon nachher. Jedesfalls ist hier der Punkt, von dem sich der Eintritt der Sclaven in die Begräbnissgilden erklärt. Er lag im eigenen Interesse des Herrn, der sich damit von der Sorge für die Grabstelle des Sclaven frei machte.

5. Noch in anderer Richtung greift das Begräbnisswesen und die Sacralfähigkeit des Sclaven in das Gebiet des bürgerlichen Rechtes über: bei den Collegien. Sclaven sind in der Kaiserzeit Mitglieder geistlicher Genossenschaften. Es giebt Collegien, welche ausschliesslich aus Unfreien bestehen, aber genau wie die der Freien organisiert sind[2]: sie haben hier keine weitere Bedeutung. Daneben aber finden sowohl öffentliche als Privatsclaven Aufnahme in die collegia tenuiorum und bekleiden darin sogar Ämter[3]. Die Mitgliedschaft erfordert mannigfachen Aufwand: Eintrittsgeld, Monatsbeiträge (stips menstrua) und sonstige Leistungen, namentlich in Folge von Ehren, die einem erwiesen, oder Geldbussen, die einem auferlegt werden[4]. Daher ist es begreiflich, dass der Eintritt in die Genossenschaft nicht ohne ausdrückliche Einwilligung des Herrn erfolgen darf[5]. Der Satz ist eine

[1] D. 11, 7. 14, 3: sed et si quid in locum fuerit erogatum, in quem mortuus inferretur, funeris causa videri impensum Labeo scribit, quia necessario locus paratur, in quo corpus conditur. Die Begründung ist, wie die directe Rede zeigt, nicht von Labeo; vielleicht nicht einmal von Ulpian.

[2] Wilmanns 179 (v. 741); 362; 364; 366; Or. 2402; 2785; 6445.

[3] CIL. 1, 570; 1477; 3, 633; 4150; 6, 556; Wilmanns 135, 5; 353; 360; 1727, 13; Or. 2386; 2394; 2850; 4057 (?); Ephem. epigr. 5, 317.

[4] Ephem. epigr. 5 n. 498: placuit inter eos et convenit secundum decretum publicum observare: si quis flamen esse voluerit d. d. vini amphoras tres, praeterea panem et salem et cibaria .... si quis flamini maledixerit aut manus iniecerit dare debebit denarios ... et q. s.

[5] D. 47, 22. 3, 2: servos quoque licet in collegio tenuiorum recipi volentibus dominis, ut curatores horum corporum sciant, [ne invito aut ignorante domino in collegium tenuiorum reciperent.] et in futurum poena teneantur in singulos homines aureorum centum. Der eingeklammerte Satz ist dringend als Interpolation verdächtig: das *ne* und die vernachlässigte consecutio temporum sind bedenklich; die Worte sind ganz überflüssig; denn sie wiederholen nur, was eben gesagt ist, ein häufiges Kenn-

Anweisung an die Vorsteher, die Aufnahme nicht ohne Zustimmung des Herrn zu vollziehen. Ist die Zustimmung aber einmal gegeben, so erscheint der Sclave nun als selbständige und selbsthandelnde Persönlichkeit: man ist versucht, die Freilassung beim Census als Analogon zu vergleichen. Die Aufnahme geschieht in der auch bei Freien üblichen Form der Cooptation (adscitio, adlectio), d. h. durch einen Genossenschaftsbeschluss nach Erlegung des Eintrittsgeldes[1]. Dieser kann möglicher Weise nur mit Stimmenmehrheit gefasst werden[2]; jedesfalls ist Einstimmigkeit nicht erforderlich. Solche Decrete sind nicht bei privaten Gesellschaften möglich; sie sind die Verneinung des Vertrages, der nothwendig Einhelligkeit voraussetzt. So erscheint denn der Aufgenommene nicht als Mitcontrahent der bisherigen Genossen, sondern, wie der Gewählte, als Gegenstand eines (sacralen) Rechtsgeschäfts. Im Collegium selbst aber handelt der Sclave rechtlich selbständig; er ist unabhängig von seinem Herrn, und dieser muss die wirthschaftlichen Folgen auf sich nehmen, die er durch die Erlaubniss zum Eintritte im Voraus gutgeheissen hat. In besonders schlagender Weise zeigt sich das beim unbeerbten Tode des Sclaven. Wenn der Herr den Leichnam des Sclaven nicht zur Beisetzung an die Genossenschaft ausliefert, so wird ein Scheinbegräbniss veranstaltet, d. h. ein Kenotaphium errichtet. Der Herr hat also keinen Anspruch auf die Grabstelle oder auf die vom Sclaven eingezahlten Beiträge; der Sclave ist in dieser Beziehung von ihm unabhängig. Hat er daher ein Testament gemacht, in welchem er über die Grabstelle zu Gunsten eines Anderen verfügt, so kommt das Collegium dieser privatrechtlich völlig gleichgültigen Anordnung nach[3]. Dass die Dinge sich so gestalten konnten, hat seinen Grund einmal 1. in dem sacralen Charakter der Begräbnissgilden. Es kann dahingestellt bleiben, ob die Absicht beim Zusammentritte des Vereines auf gemeinsame Gottesverehrung gieng oder auf wohlfeile Beerdigung; jedesfalls besteht kein solcher Verein ohne Schutzgottheit; die Genossen heissen mit dem Kunstausdrucke *cultores*[4]; durch Gottesdienst und Opfergelage wird der Gemeinsinn der 'Brüder' erhalten und gekräftigt[5]. Wenn also der Verein

---

zeichen für das Einschiebsel; z. B. D. 16, 1. 17, 2 das *pro parte* submovetur aus dem vorhergehenden *pro parte* intercessionem factam videri; eine längst erkannte, aber oft geläugnete Interpolation. (Auch D. 46, 3. 81, 1.) Die Bas. 60, 32. 3 sch. 2 haben den Satz bereits gelesen. 'Centum aurei' hat Marcian natürlich nicht geschrieben.

[1] Or. 4109: gratis adlectus inter navicularios maris H.; 884: allecto inter iuvenes. Die Mitglieder nennen sich *allecti:* Wilmanns 2624.

[2] Protocoll eines Beschlusses v. J. 5: Or. 4539.

[3] Coll. Lanuv. 2, 1 sqq. (Bruns p. 284).

[4] Or. 2393 sqq.

[5] Marquardt, Stvw. 3, 140 ff. statt aller Citate.

auch als Sterbekasse gedacht sein mochte, so war doch die sacrale Verfassungsform herübergenommen. Und in der That ist ja 2. das Begräbniss gleichfalls eine religiöse Angelegenheit. Auch der Sclave muss begraben werden, wie der Freie. Unmittelbar bezeugt ist dies allerdings meines Wissens nicht. Aber es scheint mir daraus zu folgen, dass auch das Sclavengrab als locus religiosus angesehen wird, und dass es Pflicht ist, selbst den fremden unbekannten Leichnam zu bestatten[1]. Der Herr haftet mit a. funeraria, wenn ein anderer das Begräbniss des Sclaven besorgt hat, auf vollen Ersatz[2]. Die Klage ist unabhängig vom Dasein eines Sondervermögens: eine so wesentliche Voraussetzung hätte im Zusammenhange nothwendig erwähnt werden müssen; sie wird es nicht, und wäre in der That mit dem Charakter der a. funeraria im Widerspruche. Denn die Klage richtet sich gegen den *ad quem funus pertinet*[3], der Herr ist also der, den die Bestattung angeht; und sie wird *recuperandi sumptus nomine* gegeben[4], wie die a. neg. gestorum, als deren Erscheinungsform sie sich dogmatisch schon in den Augen der römischen Juristen darstellt[5]. Hiernach, glaube ich, kann man die sittlich religiöse Pflicht des Herrn, den Sclaven zu beerdigen, nicht wohl läugnen. Lässt er die Leiche vor's Thor auf das Feld werfen, so mischt sich freilich die Behörde nicht ein, — wir wissen nicht einmal, ob sie es bei Freien that — aber sie unterstützt den, der die religiöse Pflicht für den Herrn erfüllt.

III.

Der wichtigste Altersabschnitt für die private Handlungsfähigkeit, die Mündigkeit, ist aus dem Staatsrechte herübergenommen. Es kann kaum zweifelhaft sein, dass ursprünglich die Anlegung der toga virilis, der Eintritt in Heer und Volksversammlung und die Befreiung von der Vormundschaft zeitlich zusammenfielen[6]. Und auch die Feststellung der Mündigkeit auf das vollendete vierzehnte Lebensjahr erfolgte höchst wahrscheinlich unter dem Einflusse und nach dem Vorbilde staatsrechtlicher Ordnungen[7]. So könnte es nicht verwundern, wenn auch

---

[1] Hinc et ille venit affectus, quod ignotis cadaveribus humum ingerimus et insepultum quodlibet corpus nulla festinatio tam rapida transcurrit, ut non quantulocumque veneretur aggestu: Quintilian *decl.* 5, 6 extr.; precibus non linquar inultis teque piacula nulla resolvent: Horaz *carm.* 1, 28. 33. Vergl. Seneca *de benef.* 5, 20.

[2] D. 11, 7. 31, 1; Paulus 1, 21. 10.

[3] D. 11, 7. 14, 17.

[4] D. 11, 7. 12, 2.

[5] Das ergeben D. 11, 7. 14, 11 u. 13 trotz Dietzel's Widerspruche (*de a. funeraria* p. 26 sqq.).

[6] Vergl. Marquardt, Privatleben S. 131.

[7] Festus p. 250, 7; l. Vrson. 98; vergl. Hölder, Inst. S. 93, 2.

das geistliche Recht für die volle Gültigkeit seiner Geschäfte mündiges Alter erforderte.

Da ist nun zunächst selbstverständlich, dass Unmündige zur Confarreation unfähig sind, weil sie keine gültige Ehe abschliessen können. Dagegen Verlöbnisse zwischen Unmündigen sind häufig, und formlose Kinderehen, ohne Manus natürlich, kommen wenigstens vor[1]. Weder Verlöbniss noch formlose Ehe ist ein Sacralvertrag im eigentlichen Sinne; es lässt sich also hieraus nicht ohne Weiteres etwas für die Sacralgeschäfte schliessen. Dazu kommt, dass begreiflicher Weise beim Verlöbnisse der Unmündige nicht selbsthandelnd auftritt: er wird von den Eltern verlobt[2]. Dennoch geht die römische Theorie von dem Grundsatze aus, dass die Brautleute übereinstimmen und ihr Einverständniss erklären müssen[3]; freilich wird es mit der Ergänzung dieser Willenserklärung aus schlüssigen Handlungen sehr leicht genommen. So müssen denn folgerichtig auch unmündige Verlobte ihren Willen erklären, da es hier keine feste Altersgrenze giebt. Bei selbstständigen Pupillen ist dabei von tutoris auctoritas als Ergänzung des Willens nicht die Rede[4]. Die späteren römischen Juristen folgerten daraus weiter, dass infantes kein Verlöbniss eingehen könnten; denn sie seien selbst zu einer Erklärung unfähig[5]. Dass man in früherer Zeit nicht einmal diese äusserste Grenze achtete, zeigen die Thatsachen[6]. Das lässt sich wenigstens aus allem dem entnehmen, dass bei diesen halbsacralen Geschäften auch vom Impubes eine Willenserklärung wirksam abgegeben werden konnte.

In der That werden die impuberes von den heiligen Handlungen nirgends ausgeschlossen. Die feierliche Formel beim Opferritus weist bekanntlich nur den Landfremden, den Schuldknecht, die Jungfrauen und die Weiber weg[7]; bei den Opfern müssen sogar Unmündige als camilli thätig sein[8], und die Vestalischen Jungfrauen beginnen ihren Dienst nothwendig als noch nicht zwölfjährige. Zur Supplication

---

[1] Belege bei Friedländer, Sittengeschichte 1, 504 f.

[2] Sueton *Caes.* 1: Cossutia, quae..praetextato desponsata fuerat; Cicero *ad Q. fr.* 2, 5.

[3] Julian D. 23, 1. 11: sponsalia sicut nuptiae consensu contrahentium fiunt, et ideo sicut nuptiis, ita sponsalibus filiam fam. consentire oportet.

[4] Ulpian hätte D. 23, 1. 6 nothwendig davon sprechen müssen.

[5] Modestin D. 23, 1. 14: in sponsalibus contrahendis aetas contrahentium definita non est ut in matrimoniis; quapropter et ab initio aetatis sponsalia effici possunt, si modo id fieri ab utraque persona intellegatur, id est si non sunt minores quam septem annis. Die Stelle wird von *id est* an auch wohl interpoliert sein.

[6] Corn. Nep. *Att.* 19, 4.

[7] Festus p. 82.

[8] Servius *Aen.* 11, 543: Romani pueros et puellas nobiles *et investes* camillos et camillas appellabant (v. 558 = Macrobius 3, 8. 7 sq.); Dionys 2, 22 p. 279: τοῖς δὲ ἄπαισιν ἐκ τῶν ἄλλων οἴκων τοὺς χαριεστάτους καταλέγοντας.. τὸν μὲν ἕως ἥβης ὑπηρετεῖν τοῖς ἱεροῖς κτλ.

werden gelegentlich einmal ausdrücklich die 'zwölfjährigen' zugelassen[1]; das sieht aber mehr wie Einschränkung aus, als wie Ausdehnung: denn sonst betheiligt sich 'Weib und Kind' an diesen Bittgängen. Zu Gebet, Opfer und sonstigem Gottesdienste macht demnach die Impubertät nicht unfähig. Und so giebt es auch keine Eidesmündigkeit[2]: ein impubes darf schwören. Wir wissen das allerdings nur vom zugeschobenen Eide[3]; aber dass vom Versprechenseide das nämliche gelten muss, liegt auf der Hand. Ebenso ist klar, dass der Pupill durch Nichterfüllung der Zusage unmöglich im strafrechtlichen Sinne meineidig werden kann; aber für die sacralrechtliche Beurtheilung macht das keinen Unterschied[4]. Für das Gelübde dagegen wird nach unserer Überlieferung bürgerliche Verpflichtungsfähigkeit erfordert[5].

---

[1] Livius 40, 37. 3.

[2] Vergl. Glück, Pand. 12, 205 f.

[3] D. 12, 2. 26 pr.: qui iurasse dicitur nihil refert, cuius sexus aetatisve sit...: quamvis pupillus non videatur peierare, quia sciens fallere non videatur; vergl. fr. 42 pr. Plutarch *quaest. R.* 28 wird vorausgesetzt, dass auch pueri (παῖδες) beim Hercules, also wie Erwachsene, schwören zur Bestärkung von Versprechen.

[4] Die herrschende Meinung spricht dem Pupillen schlechthin die Eidesfähigkeit ab (Wetzell, Civilprocess S. 257); sie stützt sich auf D. 12, 3. 4 pr. Allerdings wird der Unmündige hier vom Würderungseide ausgeschlossen, aber auf Grund kaiserlicher Erlasse. Der Ausschluss kann also unmöglich ein althergebrachter sein, es liegt darin eine Neuerung aus Billigkeitsrücksichten. Die Bestimmung bezieht sich lediglich auf die Vormundschaftsklage, von welcher Ulpian im 36. B. zum Edikte handelt. Seine Ausführung scheint mir mehrfach interpoliert und dadurch unverständlich geworden zu sein. Doch vermag ich nicht das ursprüngliche wiederherzustellen (auch nicht mit Hülfe der gleichfalls interpolierten Parallelstelle D. 26. 7, 1, auf die mich Gradenwitz hinweist). *Pupillus si impubes est* im Gegensatze zu *adulescens* kann Ulpian nicht geschrieben haben. Der tutor, 'der nicht zum Schwure gezwungen werden kann', ist doch nur als Specialvormund für die Processführung gegen den Altersvormund vor erreichter Mündigkeit denkbar (Gaius 1, 184). Aber dieser tutor praetorius ist sonst überall in den Pandekten zu Gunsten eines *curator* beseitigt (Labeo 1, 229 f.; dazu D. 27, 3. 9, 4; 46, 6. 8: specialis curator; ad species curator datus). Hat *tutor* hier diese Bedeutung, so weiss ich nichts mit dem Folgenden anzufangen: curatores quoque pupilli vel adulescentis non esse cogendos; denn dabei kann man wieder nur an interpolierte Tutoren denken. Oder man muss annehmen, dass von diesen Worten an übergesprungen wird zu Processen des Pupillen gegen dritte Personen, wie das schon Stephanos Bas. 22, 6. 4 voraussetzt; dann ist gewiss eine Übergangsformel weggeschnitten: so ist der Sprung kaum mitzumachen; daher auch die bestbeglaubigte LA.: iudicio, quod *inter* ipsos acceptum est. Die Änderung *per* ipsos hilft nichts: abgesehen von der Fragwürdigkeit der Wendung an sich, passt sie nun auf den Beklagten, und wie soll der zum Würderungseide kommen? daher ist die Vermuthung von Gradenwitz sehr wahrscheinlich, es habe ursprünglich gelautet: quod inter *tutores* acceptum est, nämlich ein Rechtsstreit zwischen dem tutor praetorius und dem Altersvormunde.

[5] 44, 7. 43 (Paulus)

Obligari potest paterfamilias, suae potestatis, pubes, compos mentis. Pupillus sine tutoris auctoritate non obligatur iure civili.

50, 12. 2, 1

Voto.. patres fam. obligantur, puberes, sui iuris; filius enim fam. sine patris dominive auctoritate voto non obligantur.

Schwerlich ist es richtig, das sui iuris auf den Mangel eines curator adulescentis zu

Die beiden Äusserungen über bürgerliche Verpflichtungs- und Gelübdefähigkeit von Ulpian und Paulus sind von höchst eigenthümlicher pleonastischer Fülle: aber diese wunderliche Ausdrucksweise stützt sich wechselseitig, und es wäre nicht gerechtfertigt, durch Wegstreichen einzelner Worte Abweichungen hinein zu bringen[1]. Stimmen die Stellen überein, so muss man nothwendig annehmen, dass die Formulierung für die private Obligation althergebracht, für die sacrale ihr nachgebildet worden ist. Dass es nicht umgekehrt gewesen sein kann, leuchtet ein; denn die beim Votum geforderte auctoritas patris dominive ist gegenüber der auctoritas tutoris ohne Frage das jüngere und abgeleitete. Damit wäre dann zugleich festgestellt, dass ursprünglich auch das Gelübde dem Unmündigen zugänglich war: es war sacralrechtlich gültig. Aber der wirthschaftlichen Folge, der Weihe, wegen hat man das Erforderniss der Reife hierher übertragen. Wie weit endlich impuberes zur Dedication fähig waren, lässt sich beim Mangel der Quellen nicht bestimmen. An sich sollte man meinen, dass sie unter Vollwort des Vormundes sie hätten vornehmen können und müssen, da es sich dabei um einen höchst persönlichen Act handelt. Aber mir ist wenigstens dafür kein Beispiel bekannt, und die Entwickelung scheint einen anderen Weg eingeschlagen zu haben. Nach der Auffassung des Privatrechtes liegt in der Weihe eine Veräusserung[2], und man lässt deshalb eine thatsächliche Vertretung durch den Vormund zu. Meines Wissens findet sich in den Rechtsbüchern kein Fall einer Dedication durch den Altersvormund. Er wird aber nicht anders gestanden haben als der Tutor des Geisteskranken. Ihm wird die Befugniss zur Weihe einer Sache des Mündels abgesprochen, weil die Veräusserung nicht zur Verwaltung gehöre, und diese allein ihm zustehe[3]. Dabei ist offenbar an eine Dedication aus eigenem Antriebe des Vormundes gedacht. Anders aber liegt die Sache, wo

beziehen (CUJAZ, observ. 21, 23). Die Regel könnte dann erst in der Kaiserzeit formuliert sein. Da fasste man aber die Cura sicher nicht mehr als potestas in capite libero auf — wenn man es überhaupt je gethan hat.

[1] MOMMSEN will in der ersten Stelle *pubes*, in der zweiten *sui iuris* streichen, wohl nach den Bas. 52, 1. 41 (ὁ οἰκοδεσπότης καὶ αὐτεξούσιος ὢν καὶ σωφρονῶν) und 54, 13. 2 (ἐνέχονται αὐτεξούσιοι ἔφηβοι). Aber damit würde, scheint mir, nicht viel geholfen. Das eigenthümliche ist, dass *pater fam.* und *suae potestatis* in der ersten Stelle dasselbe sagen, und dass man schwerlich sonst noch eine Stelle finden wird, wie die zweite, wo neben der Bezeichnung als *pater fam.* die Mündigkeit noch besonders hervorgehoben wurde, obwohl ja streng genommen auch der impubes sui iuris pater fam. ist (D. 1, 6. 4).

[2] D. 2, 14. 61; C. 4, 54. 9 pr.

[3] D. 27, 10. 12 (Marcellus): ab adgnato vel alio curatore furiosi rem furiosi dedicari non posse constat: adgnato enim furiosi *non usquequaque* competit rerum eius alienatio, sed quatenus negotiorum exigit administratio.

der Pupill selber zur Dedication verpflichtet ist. Durch sein eigenes Gelübde kann er es nicht werden, wohl aber durch eine Anordnung im Testamente des Erblassers oder überhaupt durch Pietät gegen einen Verstorbenen. Das Verhältniss ist hier ein ganz ähnliches, wie bei Alimentation oder Ausstattung einer armen Schwester: dort gebietet das *officium*[1], hier die *religio* die 'Veräusserung'. Und in der That finden sich mehrere Fälle, wo der Vormund aus dem Mündelvermögen eine solche 'Schenkung an die Gottheit' macht[2]. Man betrachtete eben den Sacralact mehr und mehr als blosse Angelegenheit der vermögensrechtlichen Verwaltung[3].

IV.

Die sacralen Rechtsgeschäfte sind Geschäfte mit der Gottheit und Geschäfte unter dem Schutze der Gottheit. Nach ihrer Wirkung lassen sie sich als dingliche und obligatorische unterscheiden: die ersteren setzen eine Sache bürgerlich oder sacralrechtlich ausser Verkehr, indem sie sie der Gottheit übereignen; so Dedication und Begräbniss, und daran schliesst sich die captio der Vestalin, wo eine Person der Göttin übergeben wird. Die letzteren begründen eine persönliche Verbindlichkeit: Gelübde, Sponsion und Eid, in gewissem Sinne auch die Confarreation[4]. Eine dritte Gruppe von Sacralacten ist darauf angelegt, die Gottheit zur sofortigen Erfüllung eines menschlichen Begehrens zu nöthigen. Evocation, Devotion[5], Auspication.

[1] D. 27, 3. 1, 2; 26, 7. 12, 3 u. 13, 2; 27, 2. 4.

[2] Wilmanns 1664: D. M. Q. Servili Iasonis.... C. Iul. Ianuarius nauf(ylax).... tutor Aurelii Iasonis fil. et heredis eius b. m. f.; CIL. 3, 1214: D. M. T. Fabio Iblio... Fabii Pulcher Romana Aquileiensis per tutores suos pos. (aus Traianischer Zeit); 5958: ...ex [cautione (?) testa]menti eius faciendum [curaverunt Cla]udius Florinus frater et tutor li[berorum] et.. Donatus.. gener.

[3] Besonders bezeichnend dafür ist Or. 2697: D. M. Olus Publicius Polytimus tutor T. Flavii Agathangeli pupilli sui matri Sextae Fortunatae locum emit, massam calcavit, cupam aedificavit de bonis eius omnibus.

[4] Man könnte Confarreation und Caption zu einer eigenen Gruppe familienrechtlicher Sacralgeschäfte vereinigen und sie mit Coemption und Emancipation oder in adoptionem datio vergleichen. Dann würde noch von einer anderen Seite her klar, welche Vermischung darin liegt, wenn man die captio als mancipatio auffasst: die bürgerlichen Geschäfte sind negotia per aes et libram gesta; die Götter haben mit Erz und Wage nichts zu schaffen.

[5] Devotionen sind nicht die Fälle, wie sie Livius (25, 14. 4) und Val. Max. (3, 2. 20) vom Paeligner Accaus erzählen: arreptum vexillum trans vallum hostium traiecit: *exsecratus* inde seque et cohortem, si eius vexilli hostes potiti essent, princeps inrupit. Der Römer Pedanius sagt (§. 7): iam hoc signum et hic centurio intra vallum hostium erit, sequentur et q. s. *Exsecratus* heisst also etwa: ein Hundsfott, wer die Fahne im

Nur von der zweiten Gruppe und den hier geschaffenen Rechtsbeziehungen muss noch weiter gesprochen werden: denn sie bieten gegenüber dem bürgerlichen Rechte Besonderheiten, die doch allem Anscheine nach nicht ohne Einfluss auf einzelne Gestaltungen des privaten Verkehrsrechtes geblieben sind. Mit ihnen verbindet sich naturgemäss eine Reihe von sacralen Befugnissen und Verpflichtungen, die obligationenrechtlicher Natur, aber nicht aus Rechtsgeschäften hervorgegangen sind.

1. Das obligatorische geistliche Rechtsgeschäft als solches hat nur sacrale Wirkungen: im Falle der Nichterfüllung tritt Impietät und Bescholtenheit als deren weltliche Folge ein. Indess kommt dies nur beim Gelübde und beim privaten Versprechenseide deutlich zur Erscheinung. Bei den übrigen eidlichen Promissionen wird lediglich eine schon bestehende Verbindlichkeit bestärkt; hier dagegen ist es das formlos gegebene, privatrechtlich nicht bindende Wort (fides), das durch den Schwur bekräftigt werden soll. Deshalb ist selbstverständlich, dass dort im Eidbruche zugleich ein Verstoss gegen das weltliche Gesetz enthalten ist, der geahndet werden muss; dass dagegen hier bloss mit dem Eidbruche selbst und der darin liegenden Wortlosigkeit zu rechnen ist.

Ordnungsmässig kann, so viel wir wissen, der Gelobende von seinem Versprechen überhaupt nicht wieder loskommen. Der Schwur dagegen kann von dem erlassen werden, dem gegenüber er geleistet wurde (cuius in verba iuratum est). Das heisst: der Befugte kann auf die Erfüllung der ihm gegebenen Zusage verzichten wie man auf jede Zusage verzichten kann[1]: damit wird der Eid gegenstandslos, weil keine Verpflichtung mehr vorhanden ist, die bestärkt würde, ganz ebenso wie der Soldateneid mit Auflösung des Heeres von selbst hinfällig wird[2]. Dagegen ist es höchst unwahrscheinlich, dass dem Schuldner einseitiger Rücktritt gestattet ist. Denn der Eid ist dem Gotte zu Gunsten eines Menschen geschworen; so wenig wie vom Gelübde ist es zulässig von dieser Verbindlichkeit sich willkürlich selber zu lösen[3]. Man darf sogar noch einen Schritt weiter gehen:

Stiche lässt. 'Cuius ignominiae metu milites invadere hostes.' (Livius 3, 70. 10 sq.; vergl. 6, 8. 3); denn die Fahne sich nehmen zu lassen, ist selbstverständlich eine Schmach und ein Verbrechen (Livius 2, 59. 10).

[1] Plautus *rud.* 1414 (5, 3. 58): iurisiurandi volo (Gripe) gratiam facias.

[2] Cicero *de off.* 1, 37; Plutarch *quaest. R.* 39.

[3] Der promissorische Eid, der als vadimonium geleistet wird, kann nach Paulus *ex concessa causa* ungestraft gebrochen werden (D. 2, 8. 16: die Interpolation *iudicio sisti* für *vadimonium* ist längst erkannt). 'Gestatteter Anlass' ist z. B. höhere Gewalt (Seneca *de benef.* 4, 39. 4). Das eidliche Vadimonium hat keinen anderen Charakter als sonstige eidliche Versprechen. Deshalb wird man hieraus schliessen dürfen, dass ein

nicht einmal der Gott kann vom Eide entbinden. Denn er ist ja nicht Versprechensempfänger, sondern nur Gewährsmann des Eides. Der Eidbruch ist daher eine Beleidigung der Gottheit. Auf deren Ahndung kann verzichtet werden, wie die Kaiser häufig den Bruch des Schwures bei ihrem Genius unberücksichtigt gelassen haben[1]. So ist die juristische Behandlung des Eides von der Behandlung des unterliegenden, beschworenen Obligationsverhältnisses völlig unabhängig. Keinesfalls indess konnte der Verpflichtete wegen des Eides zur Erfüllung der übernommenen Verbindlichkeit gezwungen werden: leistete er nicht, so verfiel er der himmlischen Strafe und der bürgerlichen Bescholtenheit. Aber wer es auf Götterzorn und Censorenrüge ankommen lassen wollte, den konnte der Befugte nicht beim Rechtsgeschäfte festhalten[2].

II. Durch ähnliche Erwägungen muss man auch dazu gelangen, die geistlichen Obligationen für unvererblich anzusehen: sie lassen sich nur für die einzelnen Rechtsgeschäfte anstellen.

1. Vom Übergange der Verbindlichkeit aus einem Gelübde auf den Erben ist schon früher die Rede gewesen (I, 1149). Wenn es richtig ist, dass die Nichterfüllung des Gelübdes ein sacrales Vergehen war, so folgt daraus, dass die Erben nicht dafür einzustehen haben. Der Wortbrüchige war impius, also göttlicher Strafe ausgesetzt; daran liess sich nach seinem Tode nichts mehr ändern oder gut machen. Nur im Falle einer imprudentia, einer 'unbedachten' Nichterfüllung, z. B. bei plötzlichem Tode, wäre die Frage, ob nicht durch eine Entsühnung (expiatio) geholfen werden könne und sogar müsse. Aber die Expiation erfolgt unseres Wissens immer durch ein Opfer, nicht durch Nachleistung des Gelobten[3]. Hieraus konnte sich also unmöglich

Rücktritt ohne gegründete Ursache unerlaubt war. Auch der erzwungene Eid wird nach älterer Auffassung gehalten (Cicero *de off.* 3, 112). Aber Cicero bewundert das und deutet damit an, dass man sich zu seiner Zeit nicht gebunden fühlte (iuravit hoc terrore coactus Pomponius; rem ad populum detulit, docuit cur sibi causa desistere necesse esset, Manlium missum facit: tantum temporibus illis iusiurandum valebat), wo das erzwungene unbeeidete Versprechen sicher nicht gehalten zu werden brauchte (1, 32 a. E.). Über den zulänglichen Grund und den Zwang, also die Entbindung vom Eide, kann schwerlich eine andere Instanz als das Pontificalcolleg entschieden haben (s. fg. Anm.).

[1] Hierher gehören Sueton *Tib.* 35 und D. 50, 1. 38 pr. nicht (Danz, sacr. Schutz S. 31). Die Kaiser entbinden hier von einem Eide, der nicht bei ihrem Genius geschworen ist. Unzweifelhaft liegen in beiden Fällen hinreichende Gründe dafür vor. Die Kaiser handeln wohl als pontifices.

[2] Vgl. Cicero *de or.* 2, 367: quid quod dixisti . . . si hic hodie apud te maneremus, te morem nobis esse gesturum, nihilne ad fidem tuam putas pertinere? . . „ vide ne quid Catulus attulerit *religionis:* opus hoc *censorium* est; Labeo 1, 411. 3.

[3] Cicero *de leg.* 2, 22; Macrobius 1, 16. 10; Lübbert, *comment. pontif.* p. 133 sqq.; Marquardt 3, 257 ff., 308 A. 7.

die Vererbung der Gelübdepflicht entwickeln. Selbst wenn sich Fälle fänden, wo der Erbe bekundete, er weihe *ex voto defuncti* oder ähnliches, so könnte man darin ebenso gut die Erfüllung einer Pietätspflicht, wie eine Entsühnungsabsicht sehen. Ein sicherer Fall dieser Art ist mir nicht bekannt[1]; die Möglichkeit des Vorkommens will ich natürlich nicht läugnen.

2. Der promissorische Eid verbindet ebenfalls nur den Schwörenden und nur dem gegenüber, zu dessen Gunsten (apud quem) geschworen worden ist[2]. Über den letzteren Punkt kann nicht wohl ein Zweifel sein: der Soldateneid wird dem Feldherrn geleistet; er erlischt, wenn dieser sein Amt niederlegt, stirbt oder capitis diminutio erleidet[3], die hier wie überall dem Tode gleich steht[4]. Das nämliche gilt von völkerrechtlichen eidlich bestärkten Verträgen: wenn der König gestorben ist oder der Beamte, mit welchem der Vertrag geschlossen wurde, so betrachtet sich der fremde Staat als seiner Pflicht entbunden; wir haben keine Andeutung, dass man diese Lossagung in Rom als Eidbruch empfand[5]. Und damit hängt es endlich zusammen, dass die eidlich zugesagten Fronden des Freigelassenen durch cap. diminutio des Patrones erlöschen[6]; freilich kommen dabei auch noch andere Gesichtspunkte in Betracht. Bei der durchgängigen Gleichartigkeit der eidlichen Promissionen wird man nicht fehl gehen, wenn man diese Regel auch auf den Privateid überträgt; ein Beleg dafür lässt sich freilich nicht beibringen. Als Gegenstück zu dieser höchstpersönlichen Befugniss aus dem Eide darf man jedesfalls vermuthen, dass auch die eidlich übernommene Verbindlichkeit auf den Erben nicht übergeht. Unmittelbare Beweise dafür mangeln allerdings: es

---

[1] CIL. 3, 3624: M. Aurelius Reditus . . . Severianae v. s. l. m. *suscepta fide ex orco;* 2, 488: pater fecit filio *horco nequa;* 10, 3003 (Or. 4529): vixit annos plus minus XXXI *orco peregrino*. Die erste und zweite Stelle könnten auf solche Nachleistungen sich beziehen, die dritte schwerlich. Aber die Sache ist höchst zweifelhaft.

[2] Vergl. Danz, sacraler Schutz S. 58 ff.

[3] Livius 2, 32. 2 berathen die Soldaten, ob sie den Consul umbringen sollen, um von ihrem Eide frei zu sein; es wird aber entgegengehalten: nullam *scelere* religionem exsolvi. Bei Caesar *b. c.* 2, 32. 9 führt Curio aus: sacramento quidem vos tenere qui potuit (Ahenobarbus), cum proiectis fascibus et deposito imperio privatus et captus ipse in alienam venisset potestatem? relinquitur nova religio, ut eo neglecto sacramento, quo tenemini, respiciatis illud, quod deditione ducis et capitis deminutione sublatum est. Thatsächlich ist die Argumentation falsch; denn Gefangenschaft im Bürgerkriege bewirkt keine Sclaverei. Livius 3, 20, 4 gehört nicht hierher.

[4] An der Richtigkeit dieses neuerdings bestrittenen Satzes halte ich fest (unten S. 1196 A. 2.).

[5] Dionys 3, 23 p. 451: *ἀπεκρίναντο μηδὲν ἔτι πρᾶγμα πρὸς τὴν Ῥωμαίων πόλιν εἶναι, ἐξ οὗ Ῥωμύλος ὁ βασιλεὺς αὐτῶν ἐτελεύτησε, πρὸς ὃν ἐποιήσαντο τὰ περὶ τῆς φιλίας ὅρκια*; 37 p. 521; 39 p. 543; 4, 46 p. 756.

[6] Gaius 3, 83.

lässt sich nur sagen, dass dem gesammten römischen Rechte früherer Zeit der Satz fremd ist, dass die Sünden der Väter an den Kindern heimgesucht werden sollen. Dem widersprechen die Fälle nicht, wo die Folgen des Meineids auch auf die Nachkommen herabbeschworen werden: wir wissen, dass solche Verfluchungen nur zur äusserlichen formalen Verzierung des Eides dienen und nicht beim Wortlaute genommen werden wollen (I, 1166). Meines Wissens ist denn auch nie an der Unvererblichkeit der Eidesverpflichtung gezweifelt worden: sie erlischt beim Beamten mit der Niederlegung des Amtes, beim Soldaten mit dem Ausscheiden aus dem Heere[1].

So wird man 3. auch ähnlich von der *sponsio* und *fidepromissio* zu urtheilen geneigt sein. Bei völkerrechtlichen Verträgen wird nach unserer Überlieferung zwischen eidlich bestärkten und Sponsionen nicht unterschieden. Auch von diesen kann sich das fremde Volk lossagen, wenn der römische König stirbt, mit welchem das Bündniss abgeschlossen wurde[2]. Man betrachtet also auch hier das durch den Vertrag erworbene obligatorische Recht als unvererblich. Der Bruch des Vertrages führt regelmässig zum Kriege, und es mag sein, dass die Überlieferung den Rücktritt häufig erfunden hat, um die wiederholten Kämpfe mit denselben Stämmen zu erklären[3]. Aber nirgends wird gegen die Abtrünnigen der Vorwurf der Treulosigkeit oder nur der 'Chikane' erhoben: der Krieg wird unternommen, um die Abhängigkeit des anderen Staates wiederherzustellen. In der That haben die Römer den Grundsatz auch für sich als maassgebend anerkannt; denn oftmals erneuern sie die mit den Königen abgeschlossenen Bündnissverträge gegenüber den Nachfolgern[4].

Hierdurch fällt Licht auf die privatrechtliche Sponsion und Fidepromission. Man hat vollkommen zutreffend bemerkt, dass diese Ausdrücke erst durch den späteren Sprachgebrauch auf Bürgschaftsobligationen beschränkt sein müssen[5]; denn die Wörter selbst ergeben diese engere Bedeutung nicht, und noch in der Kaiserzeit werden fide rogare, fide promittere und fide iubere zur Bezeichnung von

[1] Cicero *de off.* 1, 36: Cato ad Popilium scripsit, ut si eum (filium) patitur in excercitu remanere (nach Auflösung seiner Legion), secundo eum obliget militiae sacramento. Diese Worte stehen allerdings in der von Madvig mit Recht für untergeschoben erklärten Erzählung.

[2] Dionys 8, 64 p. 1657.

[3] Rubino, Entwickelung S. 175 f.

[4] Livius 42, 25. 4: foedus cum Philippo ictum esse, cum ipso eo post mortem patris renovatum; 10: foedus cum patre ictum ad se nihil pertinere; 42, 6. 4: Alexandriam idem ad Ptolemaeum renovandae amicitiae causa proficisci iussi; 8: petere regem, ut quae cum patre suo societas atque amicitia fuisset ea secum renovaretur.

[5] Göppert, Zschr. f. R. G. 4, 266.

Stipulationsversprechen häufig verwendet[1]. Sie sind also ursprünglich als Formen von Verträgen gedacht. Man darf annehmen, dass sie den geistlichen Charakter der Sponsionen treuer bewahrt haben, dass sie mehr als die verweltlichte Stipulation vom Wesen des Sacralgeschäftes an sich tragen. Unter dieser Voraussetzung ist es erklärlich, dass die Sponsion als Bürgschaft nur bei Verbalobligationen zulässig ist; ursprünglich sind Hauptschuldner und Bürgen sacral gebunden und verbunden. Damit hängt es zusammen, dass der Sponsor auch haftet, wenn er für die Zusage eines Unmündigen oder einer Frau ohne Vollwort des Tutors eintritt; denn sacralrechtlich sind auch diese verpflichtet, ebenso wie Sclave und Peregrin, bei welchen die spätere Rechtswissenschaft die Gültigkeit der Sponsion bezweifelte[2]. Andererseits erstreckt sich die Haftung des privaten Sponsors, wie die entsprechende völkerrechtliche, nicht auf die Erben: das ist altüberliefertes Recht, nicht neue Satzung[3].

[1] Gaius 3, 92. 112; in den siebenbürger Tafeln CIL. 3, p. 930, 32; bei der stipulatio duplae: Bruns p. 208 und oft; D. 45, 1. 122, 1; vergl. Mommsen, CIL. 3, p. 937[15].

[2] Gaius 3, 119; D. 46, 1. 25: Marcellus scribit, si quis pro pupillo sine tutoris auctoritate obligato [prodigove vel furioso] fideiusserit, magis esse, ut ei non subveniatur, quoniam his mandati actio non competit. Diese Stelle handelte gewiss ursprünglich von der Sponsion (Huschke zu Gaius 3, 119), nicht vom *receptum*: denn für das receptum argentariorum ist nach seiner Verschmelzung mit dem constitutum überall dies letztere eingesetzt. Der Verschwender und der Wahnsinnige rühren auch von den Compilatoren her. Sie sind gerade mit Rücksicht auf die 'widersprechenden' Stellen eingefügt: die Disjunctivpartikeln gebrauchen die klassischen Juristen nicht in dieser Weise. Für das klassische Recht besteht somit kein Widerspruch zu D. 46, 1. 70, 4 und 45, 1. 6; denn sie handeln beide von der fideiussio und erklären diese bei Verpflichtungen des Wahnsinnigen und Verschwenders für ungültig. Das überhebt uns freilich nicht der Mühe, eine Ausgleichung des Widerspruches für das justinianische Recht zu suchen. Und da halte ich die Auslegung von Schwanert (Naturalobl. S. 377) für die richtige. D. 46, 1. 70, 4 und 45, 1. 6 sprechen von Stipulationen: durch sie werden Pupillen und Verschwender nicht verpflichtet, also auch nicht ihre Bürgen; anders dagegen bei obligationes ex re venientes, wie Depositum und Commodat (D. 46, 1. 2; 16, 3, 1. 15; Labeo 1, 223 f.) Von solchen redet unsere Stelle im Sinne der Compilatoren. Marcell hatte sicher nicht *obligato*, sondern *promittente* geschrieben; denn die Sponsion setzt ja Stipulation voraus. Die Compilatoren haben das Wort mit Bewusstsein und Absicht geändert; denn es hätte an sich stehen bleiben können: sie haben mit dem obligatus etwas besonderes sagen wollen (quodsi pro furioso *iure obligato* fideiussorem accepero, tenetur fideiussor: 46, 1. 70, 4). Der Schlusssatz ist gleichfalls durch Interpolation völlig zerrüttet: *ei* und *his* müssen sich beide auf den Bürgen beziehen; ihm wird nicht (durch Restitution oder Einrede) geholfen, weil er keinen Rückgriff gegen den Hauptschuldner hat. Dies plötzliche Überspringen aus dem Singulare in den Plural erklärte sich, wenn Ulpian (nicht Marcell) etwa geschrieben hätte: siquis pro pupillo promittente spoponderit vel fide promiserit, magis esse, ut sponsori vel fidepromissori non subveniatur, quoniam his m. a. n. c.

[3] Gaius 3, 120; 4, 113.

V.

Nicht in demselben Sinne, wie Eid und Sponsion, erscheinen als Sacralrechtsverhältnisse verschiedene gegenseitige Rechtsbeziehungen, die durch erklärte Willensübereinstimmung zu Stande kommen: Verlöbniss, Ehe, Gastvertrag, receptum, Gesellschaft, Auftrag. Die Übereinkunft kann sich in Frage und Antwort (Sponsion) ausprägen. Allein an ihre Stelle kann hier wohl allenthalben die schlüssige Handlung treten: die Aufnahme des Gastes, das eheliche Zusammenleben[1]. Das würde dann den Übergang zur Vormundschaft bilden, die gleichfalls in diese Reihe gehört. Hiernach stehen alle diese Verhältnisse nicht, wie der Eid, unter der Gewähr einer bestimmten Gottheit. Aber sie gelten als unter die Herrschaft der Fides gestellt. Das ist nun zwar eine 'amtliche Göttin der römischen Gemeinde'[2]. Indess ist es sehr erklärlich, dass diese nüchterne Hypostase sich abschwächt und verflüchtigt: die fides publica wird zur fides privata, zum Wort und Treue halten; fides ist das Wortgeben ohne Eid, wie der Eid die Bestärkung der fides data[3]. Bei diesen Rechtsverhältnissen zieht der Verstoss gegen die übernommene Verbindlichkeit Bescholtenheit nach sich, Tod und einseitiger Rücktritt lösen die Beziehung auf[4]. Die mannigfachen rationalistischen Erwägungen, die man angestellt hat, erklären nothdürftig jede einzelne dieser Besonderheiten, aber nicht ihr Zusammentreffen.

I. Am besten lässt sich das Wesen dieser Verträge aus dem Gastverhältnisse erkennen: denn hier wird jeder staatliche Zwang grundsätzlich fern gehalten. Freilich sind hier griechische Einflüsse wirksam gewesen. Namentlich muss man sicher darauf den Abschluss des Vertrages durch Austausch von Gastzeichen zurückführen; sie tragen griechische Namen: *symbolum*, *syngraphe*, *tessera*, und diese Form widerspricht dem römischen Gebrauche: der einfache Consens genügt, höchstens wird eine Schrift darüber aufgenommen. Dagegen ist der Handschlag zur Bekräftigung wohl altlatinisch[5]: die dextrarum iunctio ist ja auch Bestandtheil des nationalen Hochzeitsrituals. Damit wird denn unter dem Schutze der Götter eine brüderliche Vereinigung der beiden vergasteten Häuser begründet. Dass das Verhältniss unter dem Schutze der Götter, ganz besonders der Fides steht, ist ausser

[1] Vergl. Mommsen, röm. Forschungen 1, 336.
[2] Val. Max. 6, 6, 1; Gellius 20, 1. 39.
[3] So findet sich fides data mit schwurgemässer precatio bei Plautus *aul.* 776 (4, 10. 46): quid si fallis? — tum me faciat quod volt magnus Juppiter.
[4] Labeo 1, 447 f.; vergl. Hölder, Inst. S. 229 f.
[5] Cicero *p. R. Deiot.* 8; Livius 30, 13. 8; Tacitus *hist.* 1, 54.

Zweifel[1]: die öffentlichen Gasturkunden werden im Tempel der Fides[2], die privaten beim Hausheiligthume aufgestellt[3]. Damit würde es sich sehr gut vereinigen, wenn der Gast vorübergehend in die Sacralgemeinschaft des Hauses einträte, also namentlich den Hausgöttern opferte oder Gaben darbrächte. Indess giebt es dafür meines Wissens keinen Beleg[4]. Ein Schluss von der Clientel ist gewagt, weil durch sie eine erbliche Zugehörigkeit zum Geschlechte begründet wird. Immerhin lässt sich darauf verweisen, dass den 'öffentlichen Gastfreunden' gestattet, ja geboten war, auf dem Capitole zu opfern[5], und dass ihre Theilnahme an den Festspielen eine Zulassung zur gottesdienstlichen Feier voraussetzt. Jedesfalls übernehmen die Gastfreunde sacrale Pflichten gegeneinander: dahin gehören die Krankenpflege und 'in älterer Zeit' sogar das Begräbniss[6]. Dass eine Verletzung der gastrechtlichen Beziehung: Verweigerung der Aufnahme, des Rechtsschutzes u. dergl., Impietät und Bescholtenheit nach sich zog, ist uns zwar nicht unmittelbar bezeugt[7], aber in jeder Weise wahrscheinlich. Gastverhältniss und Clientel sind einander so ähnlich, dass sie oft verwechselt und verschmolzen werden: was von der Clientel unbedingt galt[8], dürfen wir auch auf das Hospitium übertragen. Eines gilt jedesfalls für beide: feindliches Gegenüberstehen in Kampf und Rechtsstreit ist durchaus verpönt[9]. Die nothwendige Ergänzung dazu ist die vollkommene Freiheit der Lösung durch einseitigen Rücktritt[10].

[1] Vergl. Tacitus *ann.* 11, 30; 13, 32.

[2] Mommsen, R. Forschungen 1, 339; Marquardt, Privatleben S. 197; bestritten wird das freilich von Jordan, Topographie 1, 2. 52 f.

[3] Tabula hospitali incisa hoc decreto in domo sua posita (Wilmanns 2853, 16); tabulamque aeream cum inscriptione huius decreti in domo eius poni (Wilmanns 2855, 14); CIL. 9, 259; vergl. auch Schol. zu Juvenal 10, 57.

[4] Was Marquardt S. 199 A. 4 beibringt, hat keine Bedeutung.

[5] SC. für Asklepiades 25 (Bruns p. 151): *τούτοις τε πίνακα χαλκοῦν φιλίας ἐν τῷ Καπετωλίῳ ἀναθεῖναι θυσίαν τε ποιῆσαι ἐξῇ* (liceret).

[6] Plutarch *quaest. Rom.* 43; vergl. Val. Max. 5, 1. 1.

[7] Plautus *Bacch.* 252 (2, 3. 17) wäre die richtige Stelle gewesen darauf hinzudeuten. Allein man kann einmal darauf verweisen, dass es als officium galt, den Gastfreund gegen Ungebühr zu vertheidigen und ihn zu rächen (Cicero *div. in Caec.* 66 sq.; Sabin bei Gellius 5, 13); und dann darauf, dass hier dieselben Ausdrücke wie bei den bürgerlichen infamierenden Fidesverhältnissen sich wiederholen: Pacuvius bei Nonius p. 88, 3: at hi cluentur hospitum infidissimi (v. 194 R.); p. 279, 10: deponere est commendare; Attius in Erigona: hospitem depositam interimes? (51 R.)

[8] Die Sacertät drohen dem treulosen Patrone bekanntlich sowohl die Königsgesetze (Dionys 2, 10), als die XII Tafeln (8, 21). Dem Urtheile Hannibals über die Verletzung des Gastrechts durch K. Prusias stimmt Livius 39, 51 a. E. zu.

[9] Das ergiebt Livius 25, 18. 9 unzweideutig; vergl. Mommsen S. 352 f.

[10] Cicero *Verr.* 2, 89: hospitium ei renuntiat, domo eius emigrat atque adeo exit; nam iam migrarat; Livius 25, 18, 9; Dionys 5, 34 p. 920: *ὅθεν Τυρρηνοὶ .. Ταρκυνίῳ καὶ Μαμιλίῳ διαλύονται τὴν ξενίαν καὶ προεῖπον αὐθημερὸν ἐκ τοῦ χάρακος ἀπιέναι.*

Dagegen ist dem Gastvertrage den anderen Fidesverhältnissen gegenüber der Übergang auf die agnatischen Nachkommen eigenthümlich; nicht die Erben, auch nicht die Verwandten rücken ein, sondern lediglich die Söhne; es ist eben eine Familienbeziehung, nicht ein vererbliches Rechtsverhältniss. Die Clientel ist von Alters her beiderseits im Mannesstamme erblich. Der Gastvertrag aber fällt durch diese Besonderheit aus der Analogie der völkerrechtlichen foedera heraus, deren privatrechtliches Gegenstück er sonst bildet[1]. Man darf daher zweifeln, ob diese Ausdehnung ursprünglich war; nothwendig war sie keinesfalls: der Gastvertrag kann auch als höchstpersönliche Beziehung gedacht sein[2]. Sie mag sich — vielleicht auch hier nach griechischem Vorbilde[3] — aus dem Brauche entwickelt haben, den Gastvertrag ausdrücklich für die beiderseitigen Nachkommen mitabzuschliessen[4].

II. Dies Bild eines halbsacralen Vertrages lässt sich vervollständigen und berichtigen durch den Verlöbnissvertrag: denn hier hält sich die weltliche Gewalt grundsätzlich von jedem Eingreifen fern. Dass die sponsalia in vorgeschichtlicher Zeit geradezu durch einen Sacralvertrag zu Stande kamen, sagt ihr Name deutlich genug; die Form, die sich noch in den Lustspielen des Plautus findet, ist die Sponsion. Die Entwickelung scheint die gewesen zu sein: im übrigen Latium verlor diese wie die übrigen Sponsionen ihren geistlichen Charakter, sie wurde zur Stipulation, und darum konnte daraus geklagt werden[5]. In Rom dagegen blieb nur die Treupflicht bestehen, und das Verhältniss ist willkürlich einseitig lösbar[6]. Die Ausgleichung dieses

[1] Mommsen S. 331.

[2] In der ältesten Gasturkunde, die wir haben, fehlt die Erstreckung auf die Nachkommen: CIL. 1, 532. Auch bei Cicero *Verr.* 4, 145 handelt es sich offenbar nur um ein persönliches Verhältniss, das in alter Form (aere incisum nobis tradiderunt) begründet wird.

[3] Bei Plautus *Poen.* 1842 (5, 2. 82) wird die Erstreckung wie selbstverständlich vorausgesetzt: der angenommene Sohn tritt für den Vater ein.

[4] So geschiehts z. B. in der Gasturkunde von 742/12 Wilmanns 2855.

[5] S. Sulpicius bei Gellius 4, 21. 2.

[6] Freilich behaupten viele (Sontag, *de sponsalibus* p. 14sqq.) die Klagbarkeit der Verlöbnisse auch für Rom (dagegen Ihering, Geist 2, 210 ff.). Dass S. Sulpicius von Latium mit Ausschluss von Rom spricht (in ea parte Italiae quae Latium appellatur) liegt auf der Hand, wenn man es auch läugnet. Also muss die frühere Klagbarkeit in Rom dargethan werden. Den Beweis, den man dafür aus Plutarch *Cato min.* 7, 2 entnimmt (Rudorff zu Puchta, Inst. 2, §. 258n. und andere nach ihm), ist mehr als fragwürdig. Cato wüthend, dass ihm von Scipio Metellus die Braut abspenstig gemacht worden ist, will klagen: *παροξυνθεὶς καὶ σφόδρα διακαεὶς ἐπεχείρησε μὲν ἐπεξελθεῖν διὰ δίκης κτλ.* Natürlich fällt das Ereigniss nach die lex Julia; die Klage aber konnte nicht unzulässig, sondern nur aussichtslos sein: denn die Freunde hielten den Cato zurück, sich lächerlich zu machen. Wahrscheinlich war es eine Beleidigungsklage gegen Scipio; denn ihm und nicht dem unbekannten Schwiegervater galt die Wuth (D. 47, 10. 15, 24?).

eigenthümlichen Widerspruches fand man darin, dass man nur den ausdrücklich erklärten Rücktritt gelten liess; wer sich ohne Aufhebung des Verlöbnisses zum zweiten Male verlobte, wurde ehrlos[1]. Die Gewohnheit, der Braut eine arra zu geben, ändert daran nichts: denn ursprünglich wird, wie wir wissen[2], der Braut ein Eisenring gegeben, der nur Zeichen der Vertragsvollendung und Symbol der Treue gewesen sein kann[3].

III. Die privatrechtliche Societät hat, wie mir scheint, die grösste Ähnlichkeit mit dem Gastverhältnisse: es wird dadurch für die Gesellschafter ein unter der Herrschaft der Fides stehender brüderlicher Verein geschaffen[4]. Die Societas wird mit der Amicitia und dem

Bedeutsamer ist Varro *de l. L.* 6, 71. Hier wird der Schwiegervater *sponsu alligatus* genannt; und das ist er gewiss auch ohne Klage. Leitet man aus den dunkelen Worten Varro's (quod tum et praetorium ius ad legem et censorium iudicium ad aequum existimabatur) ein Klagerecht des Bräutigams ab (und allerdings könnte man nach 6, 72 meinen, dass Varro selbst ein solches angenommen habe), so kommt man mit dem certum der legis actio arg ins Gedränge, zumal, wenn man die Litisaestimation verwirft (Huschke, Zschr. f. gesch. Rw. 10, 336). Immer scheint mir noch die beste Auskunft das praetorische ius auf das spondierte Geld, das censorium iudicium auf das Verlöbniss zu beziehen, von denen beiden in §. 70 und 71 die Rede ist. Auf Ulpian D. 21, 2. 2 und Arnobius *adv. nat.* 4, 20 wird wohl Niemand grosses Gewicht legen: sie bezeugen das Stipulieren der Braut, das wir aus Plautus als gebräuchlich kennen; die Klagbarkeit bezeugen sie nicht.

[1] Nach Gaius D. 24, 2. 2, 2 könnte es so scheinen, als sei die Nothwendigkeit ausdrücklicher Kündigung erst später nach dem Muster des Repudiums aufgekommen. (*placuit* renuntiationem intervenire oportere). Indess ist die im §. 1 angeführte Ehescheidungsformel: res tuas tibi habeto bekanntlich uralt; so kann auch der ausdrückliche Rücktritt vom Verlöbnisse schon in frühe Zeit zurückreichen. Das Alter der Formel: condicione tua non utor bestätigt Festus *ep.* p. 62: conventae *condicio* dicebatur cum primus sermo de nuptiis et earum condicione habebatur. Die ausdrückliche Erklärung setzt das Bescholtenheitsedict nothwendig voraus (D. 3, 2. 1); sonst könnte es das hier gerügte Doppelverlöbniss nicht geben, so wenig wie es ein zweifaches Processmandat giebt (D. 3, 3. 31, 2).

[2] Plinius *N. H.* 33, 4. 12.

[3] Der Combination vermag ich nicht zu folgen, welche wegen dieser 'arra' das Verlöbniss der früheren Zeit als obligatorischen Brautkauf, die coemptio als Vollzug auffasst (Hofmann, Sitzungsberichte der Wiener Akademie, philos.-histor. Cl. 1870. S. 834 ff.).

[4] Zschr. f. RG., NF., 3, 94 f. Dem dort Gesagten habe ich nur ein Paar Bemerkungen beizufügen mit Rücksicht auf Lenel, Edict S. 236 f. 1. L. hat darauf hingewiesen, dass die Formel der a. pro socio für die soc. omnium bonorum abgefasst war. Das ist möglich, aber durch D. 17, 2. 63 pr. wird es gewiss nicht erwiesen. L. lässt das Edict über das benef. competentiae ganz allgemein lauten (nach D. 42, 1. 22, 1). Aber das scheint mir nicht annehmbar, weil sonst die Streitfragen über die Ausdehnung des Beneficiums auf die anderen Gesellschaftsformen unerklärlich blieben (D. 42, 1. 16), und darum eben handelt es sich in fr. 63 c. Die soc. o. b. kann im Commentare ebenso gut voran stehen, weil sie nach der Überlieferung die älteste Form war, und Eigenthümlichkeiten von ihr auf die anderen Formen übertragen worden sind. Für die geschichtliche Entwickelung der societas aus dem consortium ergiebt das Edict natürlich keinen Anhalt. — 2. Wenn Sabin D. 17, 2. 38 pr. die a. pro socio

Hospitium zusammengestellt[1]; die Föderierten, also die mit dem römischen Staate durch Gast- und Bündnissvertrag verbundenen Städte heissen amtlich Socii; auch die Mitglieder geistlicher Genossenschaften nennen sich mit Vorliebe socii und fratres. Darin wird durch das Dasein einer Klage aus dem Gesellschaftsvertrage nichts geändert. Die Klage infamiert: die Verletzung der Gesellschaftspflichten wird also richterlich festgestellt und daran knüpft sich erst die Bescholtenheit. So ist die Möglichkeit gegeben, die Erfüllung zu erzwingen. Das Verhältniss der Gesellschafter zu einander wird, wie der Gastvertrag, durch willkürlichen, einseitigen Rücktritt gelöst. Freilich ein grosser Unterschied besteht: die Societät ist höchst persönlich; sie erlischt durch Tod und capitis diminutio[2]; sie kann nicht wie der Gastvertrag auf die Nachkommen ausgedehnt werden. Gerade darin aber liegt meines Erachtens ein sicheres Anzeichen dafür, dass die Gesellschaft keinen familienrechtlichen Ursprung hat: es hätte sonst sehr nahe gelegen, ein dauerndes Bündniss zu wirthschaftlichen Zwecken zwischen den getrennten Stämmen eines Hauses oder zwei Häusern zu errichten. Aber nicht einmal der Gedanke taucht auf: es sind immer nur die Erben, nicht die Nachkommen, um deren Eintritt in den Gesellschaftsverband es sich handelt.

IV. Den Mandatsvertrag unter diese Verhältnisse aufzunehmen, könnte man Bedenken tragen. Aber er ist von der Societät untrennbar[3]. Auf das Bestimmteste wird hier die Fides als maassgebend

---

für ein iudicium generale erklärt, so geht das nicht nothwendig, wie Lenel meint, auf die soc. o. b. Denn Sabin ist es, der die Rechtsvermuthung aufstellte, eine soc. simpliciter contracta sei als eine soc. omnium quae ex quaestu veniunt anzusehen (D. 17, 2. 7 u. f.). Im fr. 9 sind die albernen Schlussworte doch wohl nicht von Ulpian: Erbschaft und Vermächtniss sollen bei soc. quaestuaria nicht eingeworfen werden, fortassis haec ideo, quia non sine causa obveniunt, sed ob meritum aliquod accedunt. Eine Begründung ist dies gerade gar nicht: eben liberale Zuwendungen sind ausgeschlossen (Alfen D. 17. 2. 71, 1); man darf sie also nicht zu Verdiensten stempeln, sonst können sie als Geschäftsgewinn erscheinen.

[1] Z. B. Livius 36, 3. 8: num prius societas eis et amicitia renuntianda esset quam bellum indicendum; 42, 25. 12: tum se amicitiam et societatem renuntiasse; 38, 31. 5: decreverunt renuntiandam societatem Achaeis; Horaz *carm.* 3, 24. 59: cum periura patris fides Consortem socium fallat et hospitem.

[2] Mit der Auflösung des Gesellschaftsvertrages durch cap. dim. steht es eigenthümlich. Die Einen suchen die Thatsache wegzuschaffen (Mandry, Familiengüterrecht 1, 174) oder wegzudeuten: die Aufhebung soll nicht die Folge der c. d. sein, sondern wegen des Überganges des Vermögens auf einen Anderen eintreten, daher im Falle der Emancipation des Socius überhaupt nicht stattfinden (Cohn, Beiträge 1, 285 ff.). Andere finden gerade darin eine geheimnissvolle Andeutung über das wahre Wesen der Societät. Es ist unmöglich, hier die Streitfrage aufzunehmen. Ich verstehe den Satz des Gaius 3, 153: quia civili ratione capitis d. morti coaequatur, wie er lautet, und meine, dass Ulpian und Paulus (D. 17, 2. 63. 10 und 65, 11) damit völlig übereinstimmen.

[3] Labeo 1, 441 ff.; vergl. Hölder, Inst. S. 229 f.

für beide Theile hingestellt[1]. Das receptum arbitrii ist eine Erscheinungsform des Mandates: es ist aber in Folge seines öffentlichen Charakters andere Wege gegangen, namentlich kann der Schiedsrichter beim übernommenen officium festgehalten werden[2].

VI.

Das Geschlecht bildet eine sacralrechtliche Genossenschaft. Es wird zusammengehalten durch gemeinsame Gottesverehrung, gemeinsame Begräbnisse und andere dem geistlichen Rechte angehörige Momente. In diesem Sinne muss man auch die Clienten zur Gens rechnen, wie sie ja den Geschlechtsnamen tragen[3]. Aber in ganz ähnlicher Weise ist auch das Haus, die einzelne Familie, als Genossenschaft anzusehen. Nach bürgerlichem Rechte ist das gesammte Familienvermögen in der Hand des Hausherrn vereinigt; er allein kann es belasten und veräussern. Die Gewaltunterworfenen verpflichten lediglich sich selber; die Familie braucht für sie nicht einzustehen; das gilt im älteren Rechte sogar für den Ersatz des Delictsschadens. In sacraler Beziehung dagegen verhält es sich anders. Die Hausgenossen sind durch Pietät, *officium* und *obsequium* mit einander verbunden, durch gemeinsames Opfer und Begräbniss, wie das Geschlecht[4]. Dieser Genossenschaft als solcher liegen religiöse Verpflichtungen ob; dem bürgerlichen Rechte ist es entsprechend, dass der Hausherr bei ihrer Erfüllung die Hausgenossen vertritt[5]. Allem Anscheine nach durfte sogar kein anderes Familienglied an seiner Stelle die Sacra darbringen. Deshalb muss er an dem bestimmten Opfertage (stato die) zu Hause anwesend sein[6]; deshalb trifft den Hausherrn die geistliche Strafe der

[1] Auch für das iud. contrarium in D. 3, 2. 6, 5; besonders im Vergleiche mit dem Depositum D. 16, 3. 5 pr.

[2] Labeo 1, 447. Der Zwang wird durch multae dictio geübt: D. 4, 8. 32, 12. Der Prätor hatte versprochen: cogam; auf das Verhältniss des Richters zum Prätor weisen die Juristen ausdrücklich hin: D. 4, 8. 13, 3 sq.; 15; 17, 7 u. 18.

[3] Vergl. MOMMSEN, R. Forschungen 1, 371 f.

[4] Das Dasein solcher sacra familiae läugnete SAVIGNY, vm. Schr. 1,173 ff. mit Unrecht; es ist wohl jetzt allgemein anerkannt. Festus p. 245: privata (sacra) quae pro singulis hominibus, familiis, gentibus fiunt. Sie sind es, die Cicero *de leg.* 2, c. 19 sq. im Auge hat; denn diese Capitel erläutern das 'Gesetz': sacra privata perpetua manento (2, 22), das §. 47 fast wörtlich wiederholt wird (vergl. *p. Mur.* 27). Wie diese Sacra der Familie auferlegt wurden, das ist freilich unsicher; vergl. LÜBBERT, *comment. pontif.* p. 176 sqq.).

[5] Cato *de agric.* 143: scito dominum pro tota familia rem divinam facere; Cicero *de leg.* 2, 47: ne morte patris fam. sacrorum memoria occideret.

[6] Der Soldateneid bei Gellius 16, 4. 4 lautet: der Ausgehobene wolle sich einfinden 'nisi harunce quae causa sit: ... sacrificium anniversarium quod recte fieri non possit, nisi ipsus eo die ibi sit'; denn die Opfer müssen stato die dargebracht werden;

Impietät und deren weltliche Folge, die Bescholtenheit, wenn die Opfer unterbleiben oder in Verfall gerathen. Die Quellenbelege setzen dies nicht ausser Zweifel, machen es aber höchst wahrscheinlich[1]. Und so kommt dieser Fall in Einklang mit der Behandlung anderer sacraler Vergehen.

Die Schwierigkeit liegt darin, die nothwendige Vererblichkeit dieser religiösen Verpflichtung mit der Gestaltung des römischen Hauses zu vereinbaren. Denn mit dem Tode des Hausherrn löst sich die sacrale Genossenschaft naturgemäss auf; es entstehen so viele neue Familien, wie Haussöhne vorhanden sind. An sich ist es nicht unmöglich, sogar wahrscheinlich, dass beim Sitzenbleiben im ungetheilten Erbe das Consortium auch eine religiöse Gemeinschaft der Geschwister herbeiführte: wir wissen davon nichts[2]. Aber sicher war das Consortium kein dauernder Zustand, und in geschichtlicher Zeit ist es die verschwindende Ausnahme statt sofortiger Erbtheilung geworden. Hier haben nun die Pontifices eingegriffen: unter ihrem Einflusse sind die Familiensacra gewohnheitsmässig mit dem in Erbgang gekommenen Vermögen (pecunia) 'verknüpft' (adiuncta). Damit ist auch hier die Ausgleichung zwischen den 'kostenden' Sacralpflichten und den wirthschaftlichen Rücksichten erreicht. Die Sacra gehen also als eine auf dem Vermögen ruhende Last mit diesem auf den Erben über[3]. Die

Festus p. 321a: aut si qua sacra privata suscepta sunt, quae ex instituto pontificum *stato die* aut certo loco facienda sunt, ea sacra appellari tamquam sacrificium (vergl. Cicero *de har. resp.* 15, 32 stato loco); daher Dorsuo bei Livius 5, 46. 1; 52, 4.

[1] Das Vernachlässigen der Sacra heisst wohl: *sacrificium* oder *sacrum committere*; Cicero *de leg.* 2, 22 bezeugt unter dieser Annahme den Satz des Textes geradezu: sacrum commissum, quod neque expiari poterit, impie commissum esto. Festus (p. 344b) bekundet die Bescholtenheit: der Censor nimmt dem Fahrlässigen das Ritterpferd: Cato in ea, quam scripsit de L. Veturio *de sacrificio commisso*, cum ei equum ademit: quod tu, quod in te fuit, sacra stata solemnia, *capite* (l. casta) *sancta* deseruisti. Lübbert (p. 177) folgert aus diesen Worten, dass ursprünglich Todesstrafe auf dem 'Verlassen der Sacra' gestanden habe. Eine solche Strafe ist an sich höchst unwahrscheinlich nach allem, was wir sonst wissen. Ich zweifle aber auch, dass man *sacra capite sancta* übersetzen kann: 'Opfer, auf deren Unterlassung Todesstrafe steht': sonst sind die *delicta* capite sancta. O. Müller's Vermuthung *caste* scheint mir nicht ganz zutreffend, *casta* ist wohl besser: vergl. Cicero *de har. resp.* 12, 24: qui (ludi Megalenses) sunt more institutoque maxime casti, solemnes, religiosi.

[2] Zschr. f. RG. N. F. 3, 66 ff.

[3] Das ist die gewöhnliche Anschauung, die meines Erachtens auch die quellenmässige ist. Das Sprichwort lautet: sine sacris hereditas, d. h. eine Erbschaft ohne Sacrallast (Plautus *Capt.* 775 [4, 1. 8]: sine sacris hereditatem sum aptus ecfertissumam; *Trin.* 484 (2, 4. 83): cena hac annonast sine sacris hereditas). Cicero sagt: hereditate sacris adstringi (2, 20. 49), d. h. durch die Erbschaft an die Sacra gebunden werden. Er fragt: wer für die Sacra verpflichtet sei; und antwortet: heredum causa iustissima est; nulla est enim persona, quae ad vicem eius, qui e vita emigravit, propius accedat, d. h. die Erben sind die nächsten dazu (2, 48). Leist-Glück 1, 169 versteht diese Äusserungen: die Sacra trage der Erbe 'in Gemässheit der im Erbewerden liegenden

Kehrseite davon ist, dass der enterbte Haussohn nicht verpflichtet ist, die Sacra zu verrichten, wenn diese Thatsache auch nirgends bezeugt wird.

Die Pontifices reden nur von der Erbschaft, nicht von anderen Universalsuccessionen. Darum fragt es sich, was bei Arrogation und in manum conventio aus den Sacra wird. Der Schluss, dass sie auch hier auf den Wahlvater und den Ehemann übertragen werden müssen[1], bewährt sich nicht[2]. Denn bekanntlich gehen hier wohl die Vermögensrechte über; aber die Schulden erlöschen in Folge der cap. diminutio[3]. Die irdischen Gläubiger können nun wohl durch den Prätor Restitution erlangen; aber für die himmlischen Gläubiger giebt es keine ficticischen Klagen[4]. So gehen durch Ausscheiden aus dem Hausverbande für den capite minutus ohne Weiteres die Sacra unter: daher bezieht sich die pontificische Voruntersuchung, wie wir wissen, gerade auf die Sacra und deren weitere Gestaltung[5]. Für eine besondere 'Abschwörung' der Sacra ist hiernach bei der Arrogation kein Raum[6].

Es ist wohl nur ein Ausfluss der gleichen Anschauung, dass auch die Begräbnisskosten als Vermögenslast behandelt werden. So seltsam es klingt, es erscheint als Sacralpflicht des römischen Bürgers, selbst für seine Beerdigung Sorge zu tragen[7]. Hat er es nicht gethan, hat er den Erwerb einer Grabstätte oder den Einkauf in eine Begräbnissgilde bei Lebzeiten versäumt, so haftet sein Vermögen für die Bestattungskosten[8]. Der Erbe also erwirbt es mit der darauf ruhenden

Persönlichkeitsfortsetzung'. Diese Deutung ist den Plautusstellen gegenüber unmöglich; denn hereditas heisst dort Erbschaft, nicht Erbewerden, Succession. In diesem Sinne kommt auch bei Cicero das Wort nicht vor: *top.* 6, 29 steht die bekannte Definition, gegen welche der Beweis zu führen wäre; die Bedeutung ist wohl bloss aus Julian's Ausspruche abgeleitet (D. 50, 17. 62; 50. 16. 208), den Gaius (D. 50, 16. 24) wiederholt. Aber auch in der letzten Äusserung Cicero's kann ich Leist's Meinung nicht ausgesprochen finden, um so weniger, als Cicero gleich vorher sagt: iis essent ea *adiuncta,* ad quos — *pecunia venerit* (§. 47). Wenn Gaius 2, 54 in der pro herede usucapio eine Ersitzung des Erbrechtes gesehen hätte (Leist S. 166 f.), so hätte er schwerlich gesagt: hereditates usucapiuntur. Oder giebt es ein doppeltes ersitzbares Erbrecht ab intestato und ex testamento? Vergl. auch Hölder, Beiträge z. Geschichte des röm. Erbrechtes S. 129 ff.

[1] Savigny, vm. Schriften 1, 172 f.; 190 f.

[2] Karlowa, d. Formen d. röm. Ehe S. 84 f.

[3] Cicero *top.* 23; Gaius 3, 83 sq., 4, 38; Ulpian D. 1, 7. 15 pr.

[4] Gaius 3. 84.

[5] Cicero *de domo* 34. 36.

[6] Weder durch Cicero *or.* 144 und *de leg.* 3, 48, noch durch Servius *Aen.* 2, 156 wird die 'Detestation' als besonderer Act bei der Arrogation erwiesen.

[7] D. 11, 7. 12, 3; 14, 1 u. 13.

[8] Vergl. Walther, Zschr. f. Civilr. u. Pr., N. F., 17, 376; Labeo 1, 365. Hier, aber wie mir scheint, nur hier wird die Anschauung zur Geltung gebracht, dass eine Schuld

Last, *deducto aere alieno*[1]. Diese Verbindung ist so enge, dass die Frau aus der Dos, der Haussohn aus dem Peculium begraben werden, obwohl sie beide nicht im rechtlichen, sondern nur im wirthschaftlichen Sinne Vermögensinhaber sind[2]. Es zeigt sich wieder, dass gerade die wirthschaftlichen Rücksichten bei dieser Verknüpfung mit maassgebend waren. Die rationalistischen Erwägungen der römischen Juristen erklären sie in keiner Weise. *Ne insepulta cadavera iacerent* ist kein zulänglicher Grund[3]: denn jedem lag ja die sacrale Pflicht ob, den unbegrabenen Leichnam mit Erde zu bedecken. Vielmehr muss man wohl davon ausgehen, dass die Verbindlichkeit zu ordnungsmässiger Bestattung die nächsten Verwandten traf, die zugleich die nächsten Erben waren. Das ist meines Wissens nirgends bestimmt ausgesprochen; aber es wird überall stillschweigend vorausgesetzt[4]. Besonders deutlich tritt die Pflicht darin hervor, dass dem in der Ferne verstorbenen Hausgenossen ein Kenotaphium errichtet werden muss[5], ganz ähnlich wie das beim coll. funeraticium geschieht (S. 1181). Das Streben, die sacrale Pflicht mit den wirthschaftlichen Verhältnissen auszugleichen, könnte den Satz hervorgetrieben haben, die Begräbnisskosten sind eine Erbschaftslast.

Ganz anders als die sacralen Genossenschaftspflichten werden die Rechte behandelt. Es begegnet hier die meines Wissens im römischen Rechte einzige Erscheinung, dass dem einzelnen Genossen auf Grund seiner Zugehörigkeit unentziehbare Befugnisse zustehen. Jeder Hausangehörige hat Antheil am Familienbegräbnisse (sepulcrum familiare); aber nur ein solcher, also nur der Agnat —, nicht Blutsverwandte und Verschwägerte[6]. Trennen sich die Häuser, so werden allem Anscheine nach besondere Erbbegräbnisse für die neuen Häuser errichtet[7]. Mit der Eigenschaft der Person als Erben und Hausangehöriges ist das Recht untrennbar verbunden: es bleibt daher dem Erben, auch wenn er nur noch das nudum nomen heredis übrig hat. So behält der Suus das Begräbnissrecht nach Herausgabe der Gesammterbschaft auf Grund des Trebellianum[8]; wenn er die Erbschaft zurückweist (se

eine Last auf dem Vermögen sei, dass sie daher auch auf einem Vermögenstheile ruhen könne. — Anders fasst die Sache Kohler auf (Jb. f. Dogmatik 25, 105).

[1] D. 11, 7. 45 (50; 16. 39, 1); 35, 2. 1, 19.

[2] D. 11, 7. 16; 31 pr.; 23, 3. 78 pr. a. E.

[3] Ulpian 11, 7. 12, 3; Pomponius 28; Papinian 43.

[4] D. 11, 7. 12, 4.

[5] Varro bei Nonius p. 163, 19: quod humatus non sit *heredi* porca praecidanea suscipienda Telluri et Cereri; aliter *familia* pura non erat; vergl. Kirchmann, de funer. 3, 27 p. 534.

[6] C. 3, 44. 8; vergl. zum Folgenden Lübbert p. 64 sq.

[7] Vergl. Marquardt, Privatleben S. 364.

[8] D. 36, 1. 43, 1; hier ist vom Erben, nicht vom suus die Rede; dass der Satz vom suus erst recht gilt, wird sich unten ergeben.

abstinet)[1]; selbst wenn ihm der Nachlass als Unwürdigem entzogen wird, so 'hört er nicht auf Erbe zu sein' und bewahrt sein Recht an der Grabstätte[2]. Im bürgerlichen Sinne kann dem Suus durch die ausdrückliche Enterbung selbst die Erbeneigenschaft genommen werden: darum aber geht ihm der Antheil am Erbbegräbnisse nicht verloren[3]. Aus allem dem ergiebt sich klar, dass diese religiöse Befugniss. die durch den Eintritt in den Familienkreis erworben wird, von den wirthschaftlichen und privatrechtlichen Beziehungen durchaus unabhängig ist. Und dem entspricht es einmal 1. vollkommen, dass der suus als solcher die a. sepulcri violati erheben kann, ohne dass daraus auf seine Absicht die Erbschaft anzutreten geschlossen werden darf[4]; und ferner 2., dass das Recht an der Grabstätte nicht ersessen wird[5]. Indessen steht dem Hausherrn unzweifelhaft das Recht zu, die nächsten Angehörigen auch vom Familienbegräbnisse auszuschliessen (A. 3): Augustus hat davon seiner Tochter gegenüber Gebrauch gemacht. Aber dies Recht ist neben der Verfügung über das Vermögen ganz selbständig. Julia wenigstens, die Augustus gar nicht zur Erbin einsetzen durfte, erhält von ihrem Vater Vermächtnisse[6]. So handelt es sich also bei der Verweigerung der Grabstätte um eine Art hausgerichtliches Urtheils über den Angehörigen wegen Vergehen, die in der Familie geahndet zu werden pflegten.

Der Kreis der Begräbnissberechtigten ist zunächst die Agnation, d. h. vor allem die Descendenz im Mannesstamme. Denn die Trennung der Familie pflegt auch zur Errichtung einer neuen Grabstätte Anlass zu geben. So könnten also nur etwa noch kinderlose Brüder in Betracht kommen. Die Freigelassenen hatten, wenn sie nicht Erben geworden waren, am Familiengrabe keinen Antheil. Das ist für das ausgehende zweite Jahrhundert sicher bezeugt[7]. Dass es früher anders

---

[1] D. 11, 7. 6 pr.: liberis autem cuiuscumque sexus vel gradus etiam filiis fam. et emancipatis idem ius concessum est (mortuum inferendi), sive exstiterint heredes sive sese abstineant. Mommsen will die Worte *filiis fam. et* tilgen. Aber die nachfolgende Erwähnung der Abstention erfordert meines Erachtens, dass im Vorausgehenden von den sui die Rede war. Dass die Compilatoren hier gewaltsam eingegriffen haben, ist klar; aber ich vermag das Ursprüngliche nicht herzustellen. Die Verwirrung ist wohl durch die Einsetzung von *liberis* am Anfange entstanden.

[2] D. 11, 7. 33; 28, 6. 43, 3 ('nec desinet heres esse'):

[3] D. 11, 7. 6 pr.: exheredatis, nisi specialiter testator iusto odio commotus eos vetuerit, humanitatis gratia.. sepeliri... licet.

[4] D. 47, 12. 10.

[5] D. 11, 8. 4; vergl. C. 3, 44. 6. Ob das nicht gerade auch für pro herede usucapio gilt?

[6] Dio Cassius 56, 32 a. E.: *τὴν θυγατέρα οὔτε κατήγαγε, καίπερ καὶ δωρεῶν ἀξιώσας, καὶ ταφῆναι ἐν τῷ αὑτοῦ μνημείῳ ἀπηγόρευσεν*; Sueton *Oct* 101.

[7] D. 11, 7. 6 pr.: liberti autem nec sepeliri nec alios inferre poterunt, *nisi heredes exstiterint patrono*, quamvis quidam inscripserint monumentum sibi libertisque fecisse: et ita Papinianus respondit et saepissime idem constitutum est; vergl. C. 3, 44. 6.

gewesen, ist höchst unwahrscheinlich[1]. Die Clienten gehören als erblich abhängige sacralrechtlich zur Gens, und nicht einmal sie haben ohne weiteres Begräbnissrecht. Der Zusammenhang der Freigelassenen mit dem Hause ist lockerer, und er löst sich schon bei den Söhnen vollständig, während die Grabschrift: libertis *posterisque eorum* zu lauten pflegt. So ist denn auch aus früherer Zeit keine Andeutung zu finden, dass die Liberten als solche Anrecht auf die Grabstätte hatten[2]. Aber damit ist auf ein anderes hingewiesen.

Der Hausherr hat die Befugniss, den Kreis der Begräbnissberechtigten durch Berufung zur Erbschaft zu erweitern[3]. Die Ehre der Erbeinsetzung schliesst jene andere Ehre in sich. Denn alle Erben als solche haben Antheil an der Grabstätte; das Recht ist sogar auf die bonorum possessores ausgedehnt[4]. Und dieser Satz gilt eben auch für die Freigelassenen. Im Zusammenhange hiermit lassen sich zwei Vermuthungen wagen.

Das Begräbnissrecht ist in gewissem Sinne ganz so mit der Erbschaft verknüpft, wie die Pflicht zur Übernahme der Sacra. Es lässt sich denken, dass sich die Befugniss des Erblassers aus den pontificischen Satzungen entwickelt hat. Durch diese wurde es dem Testator ermöglicht, seine Erben mit religiösen Pflichten zu belasten; es ist nur billig, dass er ihnen auch sacrale Befugnisse verleihen darf; d. h. er kann sie durch die Erbeseinsetzung als Berechtigte und Verpflichtete in die sacrale Genossenschaft aufnehmen.

Was so von Todeswegen geschieht, könnte auch unter Lebenden verwirklicht werden. Darauf möchte man die räthselhafte *manumissio sacrorum causa* beziehen[5]. Der Herr lässt seinen Slaven vindicta frei,

[1] A. M. Marquardt, Privatleben S. 364 f.; aber Lübbert p. 65.

[2] Einzelne Inschriften sind mit Papinian's Anforderung im Einklange und anscheinend aus älterer Zeit: Or. 4400: libertis libertabusque eis quibus in testamento honorem reliquero; 4402: libertis libertabusque mequm quos testamento honoravi; CIL. 6, 10243, v. 5.: libertis libertabus ut de nomine non exeat ita qui testamento scripti fuerint (a. 751); v. 21: libertis libertabusque posterisque eorum ita qui testamento scripti fuerint (a. 81). 14823: libertis libertabusque eis quibus in testamento honorem reliquero. Dagegen beruft sich Marquardt auf das Testament des Dasumius (v. 106 sq.), wo der undankbare Freigelassene Hymnus vom Grabmale ausgeschlossen werde. Das ist ein Versehen: dem Hymnus wird sogar der Zutritt verwehrt; das Begräbnissrecht wird nur einigen auserwählten Liberten verliehen, während sie ausser Hymnus alle im Testamente bedacht sind.

[3] D. 11, 7. 6 pr.; C. 3, 44. 13: ius sepulcri tam hereditarii quam familiaris ad extraneos etiam heredes, familiaris autem ad familiam, etiam si nullus ex ea heres sit, non etiam ad alium quemquam qui non heres est, pertinere potest. Dem 'hoc monumentum heredem non sequitur' scheint mir dies nicht zu entsprechen.

[4] D. 40, 5. 4, 21.

[5] Festus p. 158: [manumitti dicitur] servus sacrorum [causa cum dominus eius tenens m]odo caput [modo membrum aliud eius servi ita] edicit: hunc [hominem

denn etwas anderes kann das manu emittere nicht bedeuten, von welchem uns berichtet wird. Diese Form ermöglicht es, dem Sclaven eine 'Bestimmung' (lex manumissioni dicta) mitzugeben, ihm die Verwaltung der sacra familiae aufzuerlegen. Dass der Herr den Freigelassenen mit hinreichendem Vermögen ausstattet, ist ohnehin selbstverständlich. Zugleich aber verpflichtet sich der Herr einseitig zur Leistung einer Geldbusse, also zu einer Conventionalstrafe (an wen, erfahren wir nicht), falls der Freigelassene seiner Verpflichtung nicht nachkomme. Darin liegt wohl nur die Einweisung des Liberten in den Quasibesitz der Sacra, eine Bestärkung, wie in der stipulatio poenae bei vertragsmässiger Bestellung einen Servitut. Und thatsächlich macht der Patron sich damit und seine Erben von seiner Verbindlichkeit los[1].

liberum esse volo ac] pro eo auri X [puri probi profani mei solvam si] usquam digre[diatur a sacris, cum fuerit iuris] sui. tum is ser[vum circumagit et e manu homi]nem liberum mit[tit]. Die Ergänzungen ergeben sich aus der *epit.* p. 159 und aus Festus p. 250b. Nur die Bedeutung der Geldleistung ist nicht sicher. Aber auf die vicesima manumissionum kann sie sich unmöglich beziehen.

[1] Im Wesentlichen ist das die Auffassung von Scaliger (im Festus ed. Dacier p. 397); ganz anders Savigny, vm. Schriften 1, 198 f.

Über neue Fortschritte in dem farbenempfindlichen photographischen Verfahren.

Von H. W. Vogel.

(Vorgelegt von Hrn. von Helmholtz am 25. November [s. oben S. 1043].)

Hierzu Taf. XVIII.

In den letzten Wochen ist es mir im Verein mit meinem Freunde Hrn. J. B. Obernetter in München gelungen, Verbesserungen in dem von mir eingeführten farbenempfindlichen photographischen Verfahren zu erzielen, welche geeignet sein dürften, die Anwendung und die Leistungsfähigkeit desselben in Naturwissenschaften, Kunst und Industrie in namhafter Weise zu erweitern.

Die bisher gefertigten farbenempfindlichen Platten (zumeist Gelatinbromsilberschichten, gefärbt mit einem Eosinfarbstoff oder mit Chinolinroth und Cyanin) waren merklich weniger lichtempfindlich für weisses Licht, als gewöhnliche; sie bedurften ferner zur Erzielung von schwarzen Bildern im richtigen Helligkeitswerth (d. h. das Blau dunkel, das Gelb hell) eines gelben Strahlenfilters zur Schwächung der noch zu stark wirkenden blauen Strahlen.

Dieses Strahlenfilter absorbirt aber nicht nur die blauen, sondern zum Theil auch die grünen, gelben und rothen Strahlen[1] und veranlasst Unschärfen bei mangelhaftem Schliff.

Jetzt ist es Hrn. Obernetter und mir gelungen, farbenempfindliche Platten zu fertigen, welche im Gegensatz zu den bisherigen doppelt so empfindlich sind als gewönliche und welche keines gelben Strahlenfilters mehr bedürfen. Dieses gelang uns durch Anwendung eines äusserst kräftig wirkenden optischen Sensibilisators.

Unter »optischen Sensibilisatoren« verstehe ich Farbstoffe, welche gewisse Stellen des Spectrums kräftig absorbiren und im Stande sind,

[1] Eine von mir als Strahlenfilter benutzte gelbe Spiegelscheibe liess nach Messung mit dem Glahn'schen Spectrophotometer von grünem Licht bei E 36.5 Procent, vom gelben bei D 57,6 Procent, vom rothen zwischen B und C 64 Procent durch (s. Vogel, Photographie farbiger Gegenstände, Berlin bei Oppenheim, S. 61).

Chlorsilber und Bromsilber für das absorbirte Licht photographisch empfindlich zu machen.[1]

So absorbirt das Chinolinroth das Gelbgrün bei E und das Grün zwischen E und b, das Cyanin das Orange zwischen D und C. Platten mit beiden Stoffen gefärbt — wie ich sie vor zwei Jahren unter dem Namen »Azalinplatten« in die Praxis einführte — zeigen sich dem entsprechend gelb und rothempfindlich bis C (siehe beifolgende Spectralphotographie Nr. II[2]); sie ermöglichten unter Anderem dem Prof. Tromholt in Christiania die Aufnahme der rothen Strahlen des Nordlichts, welche bis dahin vergeblich versucht worden war.

Die Überlegenheit dieser Platte in Bezug auf Wiedergabe der Spectralfarben erhellt aus der Vergleichung von Fig. I (Sonnenspectrum-Aufnahme mit gewöhnlicher Platte) und II (Aufnahme mit Azalinplatte) in beifolgender Tafel.

Aber man erkennt auch aus Fig. II, dass die Wirkung des Blau, verglichen mit der des Gelb noch zu stark ist. Die Wirkung des Gelb des Sonnenspectrums auf unsere Netzhaut taxirt Vierordt[3] an hundertmal so hoch als die Wirkung des Indigo bei G; in der vorliegenden Aufnahme mit Azalinplatten erscheint aber die Gelbwirkung höchstens $^3/_4$ so gross als die Blauwirkung an gedachter Stelle.

Deshalb ist zur Herabminderung der letzteren noch eine gelbe Scheibe als Strahlenfilter nöthig. Nun machte ich bereits vor 2 Jahren darauf aufmerksam,[4] dass die Verbindungen der Fluoresceinderivate (Eosine) mit Silber viel stärker gelb sensibilisiren, als die Farbstoffe für sich allein. Diese Beobachtung führte mich auf Praeparirung eines Eosinsilber enthaltenden photographischen Collodiums, welches auch ohne Strahlenfilter farbentonrichtige Bilder gab.[5]

In gleicher Weise bei den jetzt allgemein gebrauchten Gelatinplatten angewendet, ergab das Eosinsilber eine ähnliche günstige Wirkung, aber dabei leider Flecke und sogenannte Schleier und erst in letzter Zeit gelang es uns durch Anwendung reinerer Farbstoffe und Reducirung der Silberquantität reine Platten zu erzielen und zwar nach einem so einfachen Verfahren, dass es mit Zuversicht von jedem Amateur ausgeübt werden kann.

[1] Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft XI S. 667.

[2] Auf die Thatsache, dass das Maximum der photographischen Wirkung etwas weiter nach Roth hin liegt als das Maximum der Absorption, habe ich bereits früher unter Bezugnahme auf Kundt's Regel hingewiesen (Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft VII S. 978).

[3] Vierordt, spectralphotometrische Untersuchungen, Tübingen bei Laupp.

[4] Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft XVII S. 1196, photographische Mittheilungen XXI S. 51.

[5] Photographische Mittheilungen XXI p. 42; XXII S. 45.

Es genügt einen Eosinfarbstoff (am zweckmässigsten erscheint das von Eder[1] zuerst versuchte Jodeosin oder Erythrosin) im Verhältniss 1 auf 2 bis 4000 in Wasser zu lösen, eine aequivalente Menge Silbernitrat (auf 1 Farbstoff etwa 1 Nitrat, in 10 Wasser gelöst) hinzuzusetzen, den sich bildenden Niederschlag mit $^1/_{100}$ des Flüssigkeitsvolumens an Ammoniak zu lösen und in dieser Lösung gewöhnliche Gelatinplatten des Handels eine Minute zu baden, dann zu trocknen.

Diese Platten stehen zwar, wie beifolgende Spectralphotographien lehren (vergl. Fig. II und III), den Azalinplatten in Rothempfindlichkeit nach, sind ihnen aber in Bezug auf Gelbempfindlichkeit weit überlegen. In der That liegt das Maximum der Empfindlichkeit, ähnlich wie bei unserer Netzhaut, im Gelb.

Die Gelbempfindlichkeit erscheint je nach der Qualität der angewendeten Gelatinbromsilberschicht etwas verschieden und kann das fünf- bis zehnfache der Blauempfindlichkeit der Region *G* betragen. Weitere Untersuchungen darüber sind im Gange. Die hohe Gelbempfindlichkeit rechtfertigte die Hoffnung, dass man auch ohne gelbes Strahlenfilter mit diesen Platten Aufnahmen in richtigem oder doch annähernd richtigem Tonwerth erhalten könne.

Das Experiment hat diese Annahme bestätigt. Es gelang meinem Freunde Obernetter und mir photographische Bilder zu erzielen, welche die geringere Blau- und die stärkere Gelb- und Grünwirkung in überraschendster Weise kundgeben.

Namentlich bei Aufnahmen von blauem, theilweise bewölktem Himmel, grünem Laubwerk und Rasen und der in blauen Duft eingehüllten Ferne in Landschaften (die in gewöhnlichen Platten ganz verschleiert erscheint), tritt die Überlegenheit der neuen Platten und zwar ohne Strahlenfilter[2] sehr schön hervor.

Gleich wirkungsvoll hat sich aber die Eosinsilberplatte auch bei mikrophotographischen Aufnahmen farbiger Objecte (z. B. geätzten und farbig angelassenen Eisenproben, die ich Hrn. Geheimrath Wedding verdanke) gezeigt. Auf Sternbilder wird sie demnächst Hr. Dr. Lohse in Potsdam zu versuchen die Güte haben.

Specielle Untersuchungen über die Wirkung der verschiedenen Eosinsilberverbindungen sind noch im Gange.

Aus den in beiliegender Tafel publicirten Spectren, die durch photographischen Leimdruck (sogenannter Lichtdruck) naturtreu reproducirt sind, geht auch die auffallende Thatsache hervor, dass bei

[1] Bericht der Wiener Akademie 1884 S. 1120.

[2] Mit gelbem Strahlenfilter haben die älteren Azalinplatten ähnliche günstige Resultate ergeben, die unter Anderem auch auf der jüngsten naturwissenschaftlichen Ausstellung in Berlin zu sehen waren.

jetzigem niedrigen Sonnenstande (die Aufnahmen wurden am 14. November h. 1 p. m. gefertigt) das Spectrum auf der violetten Seite bei Wellenlänge 398 plötzlich abschneidet, so dass sich nur bei längerer Exposition eine Wirkung desselben bis H'' bez. bis in's Ultraviolett bemerkbar macht. Diese Erscheinung rührt jedenfalls von atmosphärischer Absorption her.

Auffällig ist ferner, dass die Minima photographischer Wirkung in dem sichtbaren Theil des Spectrums in den Aufnahmen II und III an verschiedenen Stellen liegen, in II (Azalinplatte) bei Wellenlänge 510, in III (Erythrosinsilberplatte) bei *F*.

Ausgegeben am 16. December.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.



Spectrumaufnahmen

mit reinen und gefärbten Bromsilberplatten.

C D E b F G h

Belichtungszeiten

5″ — I — Gewöhnliche Bromsilberplatte

2″

1″ — II — Platte gefärbt mit Azalin (Chinolinroth + Chinolinblau) Gelbempfindlichkeit ca. $\frac{1}{3}$ der Blauempfindlichkeit.

2

$\frac{1}{4}$″ — III — Platte gefärbt mit Tetrajodfluoresceïnsilber, Gelbempfindlichkeit 5–6 Mal grösser als die Blauempfindlichkeit.

1″

C D E b F G h

Orange Gelb Grün Cyanblau Indigo Violet

H. W. Vogel: Über neue Fortschritte in dem farbenempfindlichen photographischen Verfahren.

1886.

LII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

16. December. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. E. du Bois-Reymond.

1. Hr. Munk las über einige Angaben, welche mit gesonderten Sinnessphaeren der Grosshirnrinde unvereinbar schienen.

Die Mittheilung wird an einem anderen Orte gedruckt werden.

2. Hr. Roth legte einen vorläufigen Bericht des Hrn. Prof. A. Arzruni in Aachen über seine mit Unterstützung der Akademie ausgeführte Reise in den Ural vor, unter dem Titel: Mineralogisches aus dem Sanárka-Gebiete im Süd-Ural.

Die Mittheilung folgt umstehend.

Mineralogisches aus dem Sanárka-Gebiet, im Süd-Ural.

Vorläufiger Bericht über eine im Sommer 1886 ausgeführte Reise.

Von A. Arzruni.

(Vorgelegt von Hrn. Roth.)

Im Nachstehenden sollen die Ergebnisse einer mit Unterstützung der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin ausgeführten mineralogisch-geologischen Untersuchung kurz zusammengefasst werden, sofern sie sich auf Beobachtungen beziehen, die an Ort und Stelle gemacht wurden. Die Resultate der eingehenden Bearbeitung und des gesammelten Materials sollen später zum Gegenstande eines besonderen Aufsatzes werden.

Bereits vor mehreren Jahrzehnten wurden an der Sanárka und deren Nebenflüssen. also in einem Gebiete, welches ungefähr zwischen 54° 6′ und 54° 18′ nördl. Br. und 30° 6′ bis 30° 33′ östl. L. von Pulkowa liegt, Gold führende Alluvionen zur Gewinnung dieses Edelmetalls abgebaut. Schon in den fünfziger Jahren stiess man dabei auf eine Anzahl Edelsteine und Halbedelsteine, von denen allerdings nur die grösseren Exemplare bemerkt und aufgelesen wurden. Trotz des langjährigen Arbeitens in diesem Gebiet hatte man nicht auf das Anstehende der »farbigen Steine« geachtet, dasselbe nicht gesucht, da diesen Mineralen kein besonderer Werth beigelegt wurde und das Hauptaugenmerk dem Golde zugewandt blieb.

Von wissenschaftlichem Gesichtspunkte aus musste es indessen lohnend erscheinen den ursprünglichen Lagerstätten der in den Goldsanden angetroffenen Minerale nachzuforschen, da sie veilleicht, im Falle ihrer Auffindung, Schlüsse auf die Herkunft der Alluvionen zu ziehen gestatteten.

Das Interesse, welches sich ausserdem an das Sanárka-Gebiet knüpft, ist bedingt durch die Identität vieler der dortigen mineralogischen Begleiter des Goldes mit denjenigen, welche die brasilischen Gold- und Diamant-Seifen kennzeichnen.

Die Königliche Akademie der Wissenschaften zu Berlin, welcher ich meinen Wunsch der Frage näher zu treten unterbreitete, bewilligte mir im Anfang dieses Jahres eine Unterstützung, mit deren Hülfe die Ausführung des entworfenen Planes und, wie ich an dieser Stelle gleich bemerken will, die Auffindung des Anstehenden, wenn auch nicht aller, so doch einer Anzahl der in den Seifen vorkommenden Minerale ermöglicht wurde. Über die primären Lagerstätten derselben wusste man nicht nur nichts Genaues, sondern folgte, wie es sich herausstellte, durchaus irrigen Annahmen.

Ohne an dieser Stelle auf die Litteraturquellen einzugehen und darauf, wem die Priorität der Entdeckung oder Erwähnung dieses oder jenes Minerals in den Seifen des genannten Gebietes gebührt, will ich die Namen der Minerale zusammenstellen, die daselbst angetroffen worden sind.

Es kommen ausser Gold vor:

Pyrit, Galenit, Chalkosin,

Quarz (u. A. d. Var. Amethyst), Rutil, Brookit, Korund (farblos, Rubin und Saphyr), Chrysoberyll (Cymophan und Alexandrit), Spinell, Chalcedon (u. A. Carneol, Achat u. s. w.),

Azurit,

Staurolith, Cyanit, Topas (rosa, gelb und farblos), Turmalin (chromhaltig), Euklas, Fuchsit, Granat, Tremolit (nebst Var. Kupfferit), Beryll,

Columbit, Manganotantalit (neue Var.).

Fraglich sind ausserdem: Zirkon, dessen Fundstätte nicht genau angegeben wird, Anatas und Chrysolith (Olivin), welcher wahrscheinlich auf Grund einer falschen Bestimmung, bez. einer Verwechselung mit Chrysoberyll, angeführt wird.

Der verschiedenartige Erhaltungszustand, in welchem sich die Krystalle der einzelnen Minerale in den angeschwemmten Ablagerungen des Sanárka-Gebietes finden, der Grad ihrer Abrollung sind nicht als ausschliessliche Folge der verschiedenen Härtestufen des Materials und seiner in jedem einzelnen Falle abweichenden Widerstandsfähigkeit gegen die abreibende Wirkung des vornehmlich aus Quarzkörnern bestehenden Sandes aufzufassen. Daneben kommt noch die Länge des Transportweges und die Dauer der Reibung, welchen das Material ausgesetzt war, in Betracht, kurz, die Mitwirkung solcher Factoren, deren Einfluss auf die Gestalt der Gerölle zwar ausser allem Zweifel steht, zu deren zahlenmässigem Ausdruck aber vorläufig die erforderlichen Unterlagen fehlen.

Auf Grund gewisser Beobachtungen gelangt man indessen zu dem Schlusse, dass das gegenwärtig auf secundärer Lagerstätte zusammen-

gehäufte Material geologischen Bildungen entstammt, die räumlich und zeitlich auseinander liegen.

Das Auftreten scharfkantiger Krystalle solcher Minerale wie Topas und Turmalin könnte allerdings auf die verhältnissmässig ansehnliche Härte und Widerstandsfähigkeit dieser Substanzen gegen mechanische Einwirkungen zurückgeführt werden; der Umstand aber, dass sich an gewissen Stellen der Alluvionen neben harten Mineralen kaum alterirte Blättchen von Fuchsit finden, eines verhältnissmässig so weichen und zarten Minerals, erheischt für den erwähnten guten Erhaltungszustand der Krystalle eine andere Erklärung. Es müssen diese Krystalle auf die secundäre Lagerstätte aus Schichten gelangt sein, die der Erosion unlängst anheimgefallen sind und in nächster Nähe der Sande anstanden oder noch anstehen. Diese vermuthungsweise gemachte Annahme hat sich denn auch bewahrheitet. Es ist mir geglückt im Kohlenkalk, der in dem in Rede stehenden Gebiet eine weite Verbreitung besitzt und mächtige Ablagerungen bildet, genau in NS-Richtung, d. h. genau mit dem Kohlenkalk selbst übereinstimmend, streichende Quarzgänge oder, richtiger gesagt, dieser Richtung nach aneinandergereihte Quarznester aufzufinden, in denen der Rosa-Topas, der Chromturmalin und der Fuchsit auf Quarz aufgewachsen gemeinschaftlich auftreten. Ähnlichen Quarzgängen dürfte auch der in den Sanden in grosser Menge vorkommende Rutil entstammen, wie es Gerölle von Quarz, in welchen er eingewachsen gefunden wurde, beweisen.

Welche die Muttergesteine des Korundes, des Chrysoberylls, des Euklases und mehrerer anderer bald in scharfkantigen, bald in stark abgerollten Krystallen anzutreffender Minerale gewesen sind — ist vorläufig nicht zu entscheiden.

Der Beryll der Wäschen dürfte aber den zahlreichen, die übrigen Gesteine (d. h. Granit, sowie die krystallinen Schiefer) durchsetzenden Pegmatitgängen entstammen, da er in solchen an verschiedenen Stellen, wenn auch nicht in unmittelbarer Nähe der Seifen, und in grosser Menge angetroffen worden ist.

Dasselbe gilt auch für den Granat.

Die Amphibolminerale wurden im Kohlenkalk eingewachsen vorgefunden, und zwar der sogenannte Kupfferit in den körnigen, mürben, versteinerungsleeren Varietäten, während der meist in excentrischstrahligen, aus harten, stechenden Nadeln bestehenden Bündeln auftretende, graue oder farblose Tremolit mitten zwischen den in Massen gehäuften Crinoïden-Stielgliedern des compacteren Kalksteins eingebettet ist.

Silberhaltiger Galenit und Pyrit — letzterer oft als Limonitpseudomorphose — finden sich in Quarzgängen des Kohlenkalkes, ebenso

das Gold, dessen Verbreitung auch in den den Granit durchsetzenden Quarzgängen unzweifelhaft ist. Das Vorkommen des Goldes im anstehenden Gestein ist übrigens nicht ausschliesslich auf diese beiden Arten des Auftretens beschränkt. Es liegen vielmehr Anzeichen vor, dass noch andere Gesteine das Gold beherbergten, bevor es auf die secundäre Lagerstätte gelangte.

Die Kupferverbindungen der Goldwäschen sind gleichfalls im Anstehenden, in Gängen im Kohlenkalk, nachgewiesen.

Am meisten verbreitet kommen in den Wäschen Cyanit und Staurolith vor, wobei aber jedem dieser beiden Minerale ein gesondertes Verbreitungsgebiet zukommt. Der Cyanit ist besonders gemein an der Kámenka, demjenigen linken Nebenfluss der Sanárka, an dessen Ufern die meisten Goldwäschen liegen, während der Staurolith ausschliesslich für die Alluvionen an der Sanárka, wo der Cyanit recht selten ist, charakteristisch erscheint. Der Erhaltungszustand der Krystalle beider Minerale ist auch ein durchaus abweichender: der Staurolith zeigt durchweg mehr oder minder wohl erhaltene Krystalle mit deutlich markirten Kanten oder mindestens mit wohl erkennbar bewahrtem ursprünglichem Habitus. Der Cyanit dagegen erscheint scharfkantig nur in den Spaltungsstücken, die offenbar nicht als solche in die Wäschen gelangten, sonst aber findet er sich in länglichen, rundum abgeriebenen Geröllen, welchen der Volksmund den Namen »Owsjannik« der »Haferkörnige« gegeben hat. Der Ursprung dieser beiden Minerale ist bisher nicht bekannt. Im Süden der an Cyanitgeröllen so reichen Wäschen befindet sich allerdings ein kleiner, in der Richtung des Meridians streichender Hügelzug, bestehend aus Glimmer führendem, eisenschüssigem Quarzit (Avanturin) mit localen glimmerreichen Einlagerungen, die bis 20^{cm} lange Cyanitkrystalle in grosser Zahl führen. Allein die Cyanite der Goldsande sind nicht daher gekommen. Es lässt sich vielmehr nachweisen, dass die Alluvionen des Kámenka-Gebietes von der entgegengesetzten Seite, d. h. von Norden angeschwemmt wurden, wofür u. A. die leicht zu verfolgende Verschiebung des Kámenka-Bettes nach Süden spricht. Es mögen aber nördlich dieses Flusses ehemals ähnliche Quarzite angestanden haben, von denen gegenwärtig nichts Anderes zeugen würde als die weite Verbreitung abgerollter Cyanitkrystalle. Möglicherweise ist dieses nördlich der Kámenka nicht mehr aufzufindende Gestein auch ein Träger des Goldes gewesen. Wenigstens scheint ein von mir mitgebrachtes, aus einem weichen Talk ähnlichen Mineral mit eingewachsenen Cyanitkrystallen bestehendes Gerölle, in welchem zwei kleine Goldkörnchen sitzen, darauf hinzuweisen.

Nachdem ich im Vorstehenden bestrebt gewesen bin, nur in allgemeinen Zügen die vielen Fragen anzudeuten, die sich an die Verhältnisse in dem so sehr interessanten und seiner Production wegen recht wichtigen, trotzdem aber so wenig erforschten Gebiet an der Sanárka knüpfen, gebe ich mich der Hoffnung hin, dass diese Fragen, nach Bearbeitung des mir vorliegenden Materials, eine einigermaassen befriedigende Beantwortung finden werden. Zu einer erschöpfenden Behandlung der geologischen und mineralogischen Verhältnisse des Sanárka-Gebietes würde weder mein, wenn auch reiches Material, noch meine in der für eingehende Forschungen kurz bemessenen Zeit gemachten Beoachtungen ausreichen.

Aachen, den 15. December 1886.

Ausgegeben am 23. December.

1886.
LIII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

16. December. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Mommsen.

Hr. Schott las: Etwas über die Poesie der Turk-Tataren Russlands.

Die Mittheilung folgt umstehend.

Etwas über die poesie der Turk-Tataren Russlands.

Von W. Schott

Im juli des jahres 1868 las ich vor der philosophisch-historischen classe unserer akademie über eine kleine anzahl kurzer dichterischer erzeugnisse, welche der um die Turksprachen Innerasiens sehr verdiente wanderer Armin Vámbéry unter der magyarischen überschrift 'Éjszaki Tatárok dalai' (Lieder nördlicher Tataren) von Constantinopel aus nach Ungarn geschickt hatte, wo sie im 2. bande der 'Sprachwissenschaftlichen mitteilungen' (Nyelvtudományi közleményck) veröffentlicht waren.

Eine viel ansehnlichere sammlung sehr ähnlichen inhalts hat derselbe forscher im 17. bande der erwähnten zeitschrift (1883) mit einleitung, magyarischer übersetzung und anmerkungen ans licht gestellt und 'Baskir szerelmi dalok' (Baschkirische liebeslieder) betitelt. Diese sind nichts weniger als 156 vierzeilige ergüsse, ähnlich den 34 der ersten sendung, und wieder auf reine oder unreine endreime, wie jene, ausgehend. Gewöhnlich reimen die zweite und vierte zeile des vierzeilers. Form und geistiges gepräge verkünden starken einfluss muszlimischer, besonders neupersischer poesie. und die sprache beider sammlungen ist das heutzutage gründlicher bekannt gewordene Osttürkische des alten states Kyptschak. Hr. Vámbéry beklagt die manchen zusammenhang entstellenden und rätselhaft machenden fehler unwissender abschreiber. Sehr zu loben sind aber die den text darstellenden arabischen drucktypen.

Auf dialectische eigentümlichkeiten, die Hr. Vámbéry einleitend hervorhebt, gedenke ich ein anderes mal einzugehen. Von ihm berührt wird auch die so oft wiederkehrende caprice der dichter, im zweiten teil ihrer strophen einen gedanken auszudrücken, der mit dem gedanken des ersten teils gar nicht zusammenhängt. Aus der vorliegenden sammlung mag eine der geschmacklosesten parungen dieser art als probe folgen (lied 23):

Jüreklering aurtsza
basarlardin alyp alma aša;
szen tašlaszangda ben tašlamam,
Asrajil ğanym almaszä.

Wenn dein herz schmerzet,
so verzehre äpfel, vom basar gekauft;
verlässest du mich gleich, ich
verlasse dich nimmer,
bis Asrajil meine seele nimmt.[1]

Der herausgeber erinnert an ähnliches im Magyarischen wie z. b. den gereimten spruch: 'Három alma, meg egy fél; kérettelek, nem jöttél' drei äpfel und ein halber dazu, ich lud dich ein und nicht kamest du.

Diese art neckerei begegnet uns in liedern der verschiedensten völker. Bis zu den Chinesen will ich hier gar nicht gehen, nur erinnern, dass ihr canonisch gewordenes Schi-king viel von gleicher art aufzuweisen hat. Aber schon beim ersten aufschlagen eines büchleins 'Pieśni ludu polskiego w Górnym Szląska' (lieder des polnischen volkes in Oberschlesien) erblickte ich den folgenden auch ein lied für sich ausmachenden vierzeiler:

Bez (przez) mój ogród ciecze woda,
mianuje się Bystrzyca;
wkradłaś mi się moja kochaneczko,
wkradłaś mi się do serca

Durch mein gärtlein flieszt ein wasser,
nennet sich die Bystrytsa (Bystritz);
ach, gestohlen hat mein liebchen,
mir ins herz gestohlen sich.

Das nimmt sich aus wie eine treue übersetzung irgend eines tatartürkischen textes oder umgekehrt.

Verwandtschaft beider hälften in solchen neckischen versen kann indess nicht immer geläugnet werden. Hierher mag man unter den von Vámbéry beigebrachten magyarischen beispielen das folgende ziehen:

Bérczen által repül a vad keselyü;
ez az élet nekem olyan keserü.

Übern berg die wilden geier schweben;
ach wie bitter ist mir dieses leben!

Bei geiern mag der dichter an feinde denken.

Weitaus die meisten lieder der vorliegenden zweiten sammlung atmen nun allerdings verschiedentlich sich kund gebende geschlechtsliebe, während in den früher bekannt gewordenen wenigstens auch anhänglichkeit an heimat und angehörige wohltuenden ausdruck findet. An den sehr nüchternen eingang:

Ajas bulsza szougdur,
bülütlü bulsza ğilü dür

Wenn es klar wird ist es kalt,
wenn es wolkig wird ist's warm

reihen sich folgende zeilen:

Togan üsken ğirlerni
tintek kiši unutur

Orte wo er ward und wuchs,
vergisset nur der stumpfe mensch.

Noch ergreifender ist das folgende lied:

Büjügine bujük üilerdin
tytyn čyqa qyl küwük;
toganlarym isimde tüškeğ
birbirgine tünler ğyl küwük.

Aus hoch und höherem haus empor
steiget rauch, dem hare gleich;
gedenke ich der eltern mein
wird jede nacht einem jahre gleich.

---

[1] Asrajil, das hebräische עזראל, ist bekanntlich der todesengel der Muhammedaner.

Die vorletzte zeile lautet wörtlich: wenn meine eltern in meinen sinn fallen. Der sänger weilt offenbar fern von den seinen in einer 'herzerkältenden' stadt.

Die liebesseufzer der baschkirischen zusendung bieten nur ausnahmsweise etwas minder alltägliches. Dahin gehört unter anderem lied 24., worin einleitend schutz der tiere so warm empfohlen wird als wäre ein buddhistischer mönch des dichters geistlicher lehrer gewesen:

Qarlygač tutszang asâd it	Fängst du ein schwälbchen so gieb es frei,
köbdür anyng szewâby;	grosz ist dafür der lohn;
bislerni tutub bir öbszeng	fängst du mich und küssest mich einmal,
kilirgine anyng ǵewâby	so erhältst du dafür (so kommt dafür) verzeihung.

Eifersucht mit geringschätzung giebt sich zu erkennen wo ein mezsük oder mazsuk auftritt, welches wort das den Russen erborgte muzsik (мужикъ) ist und überhaupt für 'Russe' gebraucht wird. So im 84. liede:

Naqš qysnyng qujnunda	Wenn an einer schönen busen
mazsuk kilüb jatmaqy	ein mazsuk zu liegen kommt,
miszli qujaš čyqgang	so gleicht das der aufgegangenen sonne
bülüt kilüb japmagy	wenn sie von gewölk verhüllt wird.

An wohlgemeinten einer 'ars amandi' nicht unwürdigen warnungen fehlt es auch nicht. Hierher gehört z. b. das 86. lied:

Jlm ilen tün kičürszeng	Verbringst du mit wissenschaft die nacht,
juqung kilmes küsüng ge;	so kommt dein schlaf nicht in dein auge,
ihtijâryng qulungdyn kitädir,	deine willenskraft weicht von dir (geht fort von deinem arm),
išq szaly küsüngge.	(und) liebe (verliebtheit) kehrt in dich ein.

Über ein halbes dutzend dieser baschkirischen ergüsse ist dem tâlib gewidmet, welches arabische wort so viel als strebender, streber (studiosus) und in verbindung mit ilm (das wissen) den gottes- und rechtsbeflissenen bedeutet. Einige male wird vor diesem stande gewarnt, öfter feiert man ihn bis zur begeisterung.

Das 89. lied z. b. lautet:

Tâlib bulsza mollang	Wenn ein streber dein molla wird,
inkjâr bulszun mâllaryng,	so sei deine habe ihm verläugnet;
tâliblerning quinunda	denn an des strebers busen
fâidet bulszun mâllaryng.	muss dein besitz auf ihn übergehen.[1]

Vom 92. liede lautet der zweite teil: 'tâlib üčün her dâjim asîǵânyng üsülür' d. h. Um eines strebers willen bricht (zerstört sich) alle mal deine edle seele.

---

[1] Molla (arab. genau maulan), ein geistlicher vorsteher, hier ungefähr wie unser 'beichtvater'. Faida b. muss zu (seinem) vorteil werden.

Dagegen heisst es in lied 90: 'Tâliblerning tausy miszli szanar szandygač' Des t. stimme ist wie singende nachtigall; ferner in lied 96: 'Bu dünjaning dewleti tâlib birle tabilyr' Dieser welt herrlichkeit ist beim streber (nur) zu finden. Das ganze lied 97 lautet:

Nâdânlarga qaraszang	Siehst du unwissende an,[1]
tâliblerning farqy bar;	da ergiebt sich des strebers verschiedenheit;
qara jerge qaraszang	siehst du die schwarze erde an,
kükning ničik farqy bar	da ergiebt sich des himmels verschiedenheit.

Das 21. lied scheint von einem übermütigen tâlib selbst ausgegangen:

Bu dünjalerning učmagy	Dieser welten paradies
medresselerning bučmagy;	ist der hohen schule winkel;
ikinği de učmaq suldur bisge:	doch ein zweites paradies für mich
szen szuluqai quğagy.	deiner, der geliebten, busen.

Učmaq für den ort der seligen ist eine noch vorisziamische bezeichnung und bis heute unbekannter abkunft. Der medresse (hochschule) winkel mag zunächst die stelle bedeuten, wo sie erbaut ist.

Noch will ich zwei vierzeiler mitteilen, welche in die sammlung wie herein geschneit sich ausnehmen. Dem ersten ist die 57. stelle angewiesen:

Ajasgyna szalqyn, szular tulqun,	Heiter ist's und kühl, doch das wasser woget,
tulqunlary jarga jagmaszyn;	möchten seine wogen nicht an's ufer branden!
avry bašym, qorqa gânym,	mein kopf schmerzt, es fürchtet meine seele;
egellerden Allah szaqlaszyn.	vor dem tode bewahre uns Allah!

Passt etwa in den mund verzagt gewordener ruderer!

Der zweite, eines mannes viel würdiger, erscheint als nummer 66:

Aq qarčyqa qušnung balaszy	Des weissen falken kind
bajlanyb bauda öler;	in die schlinge geraten stirbt;
jachšy atanyng balaszy	des wackern vaters kind
qurallaryn čreb ğauda öler.	in voller Rüstung kämpfend stirbt.

Die 4. zeile wörtlich 'seine rüstung zusammennehmend im kampfe stirbt'.

[1] Nâdân (persisch) nichtwissender, auch für heide, glaubensloser. Ein solcher verhält sich zum tâlib wie die nackte erde zum himmel.

Ausgegeben am 23. December.